

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO
Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta
Kauppatieteiden laitos

ARVOPAPERIMARKKINAPETOKSEN AIHEUTTAMAN VAHINGON
MATEMAATTISESTAMÄÄRITTÄMISESTÄ

Pro gradu -tutkielma, Yritysoikeus ja -talous
Alia Dannenberg (185976)
5.5.2012

TIIVISTELMÄ

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO

Yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta

Kauppatieteiden laitos

Yritysoikeus ja -talous

DANNENBERG, ALIA: Arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttaman vahingon matemaattisesta määrittämisestä.

Pro gradu -tutkielma, 49 s

Tutkielman ohjaaja: professori Matti Turtiainen

Toukokuu 2012

Avainsanat: arvopaperimarkkina, petos, rikoshyöty, matemaattinen mallintaminen, todennäköisyysjakauma

Tässä pro gradu -tutkielmassa selvitetään mahdollisuutta määrittää yksikäsitteisesti matemaattisin menetelmin tiedottamisrikoksesta ja sisäpiirintiedon väärinkäyttämistä aiheutuneen vahingon ja rikoshyödyn määrä arvopaperimarkkinoilla tapahtuneessa rikoksessa. Tutkimuksen keskeinen tavoite on kehittää matemaattinen menetelmä vahingon määrän selvittämiseksi.

Suomalaisessa oikeuskäytännössä ja kansainvälisessä oikeus- ja taloustieteiden tiedeyhteisössä on vallalla käsitys, että arvopaperimarkkinoilla tapahtuneen petoksen aiheuttamaa vahinkoa ja rikoshyötyä on vaikea määrittää ja ettei ole (eikä voi olla) olemassa menetelmää, jolla mainitun vahingon määrän voisi määrittää objektiivisesti ja yksikäsitteisesti. Tilanne on johtanut mielivaltaisiin käytäntöihin tuomioistuimissa, kun rikoshyödyn tai vahingon määrää on arvioitu ilman minkäänlaisia matemaattisia työkaluja, ja mahdollisesti juuri tästä syystä arvopaperimarkkinoilla tapahtuneista petoksista annetut tuomiot ovat keskimäärin lieviä.

Tutkielman teoreettisena viitekehyksenä on tieteellinen realismi (erityisesti fysikalismi), jonka mukaan on olemassa objektiivinen ja yksikäsitteinen vahinko ja rikoshyöty, joka rikoksen tekemisestä on seurannut, ja mallintajan haaste on löytää sovelias menetelmä rikoshyödyn määrittämiseksi. Tutkielmassa testataan arvopapereiden tuottojen välisiin korrelaatioihin perustuvaa ennustamismenetelmää, jolla lasketaan arvopaperin markkinahinnan todennäköisyysjakaumaa ajassa taaksepäin siitä hetkestä lähtien, jolloin markkinoilla on ollut oikeat ja riittävät tiedot tarkasteltavan yrityksen tuloksesta ja taloudellisesta asemasta. Näin saadun arvopaperin odotusarvon ja toteutuneen markkinahinnan erotus on se määrä, jonka verran esimerkiksi yrityksen tuloksen manipulointi on vaikuttanut yrityksen osakkeen kurssiin.

Tutkielmassa kehitettyä menetelmää testataan internetkonsultointiyritys TJ Groupin tuloksen manipuloinnista, tiedottamisrikoksesta ja sisäpiirintiedon väärinkäyttämistä aiheutuneen rikoshyödyn määrittämiseen vuoden 2000 IT-kuplan puhkeamisen aikoihin. Kyseinen ajankohta on sikäli otollinen korrelaatioihin perustuvan ennustamismallin testaamiseksi, että pörssikuplien aikana markkinat eivät toimi tehokkaasti eivätkä sijoittajat tee sijoituspäätöksiään itsenäisesti vaan ovat hyvin korreloituneita keskenään. Pelkästään HEX-yleisindeksin ja TJ Groupin osakekurssimuutosten korrelaatioiden avulla saadaan melko luotettava arvio rikoshyödyn määrästä. Lisäksi tulokseksi saadaan, että Helsingin hovioikeuden (ja korkeimman oikeuden) arvio mainitun tapauksen rikoshyödyn määräksi oli liian pieni todennäköisyydellä 0,83.

Tutkielmassa kehitetty matemaattinen rikoshyödyn arviointimenetelmä on laajempaa aineistoa käyttämällä todennäköisesti hyvin luotettava, ja se on toimiva työkalu aiheutuneen vahingon ja rikoshyödyn määrittämiseen arvopaperimarkkinarikoksissa.

SISÄLTÖ

1	ALUKSI	5
2	TJ GROUPIN TAPAUKSEN ESITTELY	9
3	TAUSTAA	11
3.1	Lyhyt johdatus rahoitusteorian perusteisiin: Osakkeen arvon määrittämisestä pörssikaupankäynnissä	11
3.2	Rikoshyödyn määrittämisen vaikeudesta	17
3.3	Laillisen vastuun määrittämisestä	18
4	METATEORIA	21
4.1	Ekonofysiikka	21
4.2	Fysiikan metateoriasta	23
5	AINEISTO JA MENETELMÄT	25
5.1	Metodi	25
5.2	Aineisto	28
5.3	Korrelaatiot	29
5.4	Taaksepäin ennustaminen	33
6	MENETELMÄN SOVELTAMINEN	35
6.1	Aineiston analysointi	35
6.2	Esimerkkitapauksen tulosten tulkinta	37
6.3	Tulosten pätevyys ja luotettavuus	39
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	43
	Viitteet	45

Kiitokset

Kiitos ohjaajalleni, professori Matti Turtiaiselle mielenkiintoisesta aiheesta. Itä-Suomen yliopiston yhteiskuntatieteiden ja kauppätieteiden tiedekunnan kauppätieteiden laitokselle kiitos rahoituksesta, joka mahdollisti osallistumiseni Taiwanissa 4-6/11 2010 järjestettyyn ekonofysiikan konferenssiin, sillä oikeastaan vasta konferenssissa oivalsin (ilmeisesti vapaan assosiaation avulla toisten tutkimusmenetelmiin tutustuessani), kuinka tämä tutkimus "oikeasti" pitää tehdä. Professori Rossitsa Yalamovalle kiitos reaalisen sijoittajakäyttäytymisen selittämisestä Panurgen lampaan avulla samaisessa konferenssissa. Anna Dannenbergille kiitos, että jaksat soveliaan asiallisen ja asiattoman kommentoinnin tason säilyttäen lukea kirjoittamiani tutkimuksia kriittisesti.

Joensuussa 5/5 2012

Alia Dannenberg

1 ALUKSI

Tapahtumatutkimuksissa¹ analysoidaan odottamattomien tapahtumien seurauksia. Tapahtumatutkimusproblematiikkaan kohdistuu laajaa kiinnostusta eri tieteenaloilla, oikeustieteestä rahoitukseen. Rahoituksessa suurin kiinnostuksen kohde on odottamattomien tapahtumien seurausten ennustaminen ja niiden huomioon ottaminen esimerkiksi riskianalyyseissä. Oikeustaloustieteessä tutkimusongelma vaikuttaa olevan pikemminkin jo tapahtuneen odottamattoman tapahtuman seurausten selittämisessä ja tapahtumaprosessin ymmärtämisessä. Näin ollen jälkikäteisymmärrys tapahtuneesta on lähes yhtä arvokasta kuin tapahtuman ja sen seurausten ennustaminen.

Eräs arvopaperimarkkinaoikeuden, taloustieteen ja rahoituksen perusongelmista on kyettä jälkikäteen ”ennustamaan”, mitä olisi tapahtunut, mikäli odottamattoman tapahtuman myötä julkiseksi tullut informaatio olisikin ollut käytettävissä jo ennen kyseistä tapahtumaa. Tähän perusongelmaan vastaavan menetelmän arvo on ilmeinen: arvopaperimarkkinoilla tapahtuneita petoksia käsittelevissä oikeusprosesseissa ei ole olemassa hyvää ja yleispätevää metodologiaa aiheutuneen vahingon määrän selvittämiseen. Siksi annetut tuomiot perustuvat pääsääntöisesti subjektiivisiin arvioihin, minkä vuoksi tuomiot voivat sattumanvaraisesti vaihdella hyvin paljon.

”Normaalin” arvopaperimarkkinapetoksen anatomia on seuraavanlainen: yleisöä (sijoittajia) johdetaan harhaan julkaisemalla harhaanjohtavaa tai valheellista informaatiota (tiedottamisrikos) tai muuten markkinoita manipuloidulla mahdollistetaan strategia, jossa arvopaperin hinta saadaan keinotekoisesti liian ylös, jolloin petoksen tekijä voi myydä hallussaan olevat arvopaperit ylisuurella voitolla. Mahdollisesti hieman myöhemmin julkisuuteen tulee yhtiön oikeasta taloudellisesta asemasta kieliviä tietoja (esimerkiksi tulovaroituksen muodossa), minkä jälkeen osakekurssi romahtaa oikealle tasolle, ja osakkeita

¹*event study*

ostaneet sijoittajat huomaavat joutuneensa petoksen uhreiksi. Mikäli jälkikäteen kyetään vastaamaan kysymykseen, kuinka osakekurssi olisi käyttäytynyt, jos oikeat ja riittävät tiedot yrityksen toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta olisivatkin olleet sijoittajien käytettävissä jo aiemmin, voidaan määrittää, kuinka suuri vahinko arvopaperimarkkinapetoksesta aiheutui.

Tällä hetkellä tapahtumatutkimukset, joita käytetään odottamattomien tapahtumien vaikutusten arviointiin arvopaperin hintakehityksen aiheuttajana arvopaperimarkkinoilla, perustuvat tehokkaiden markkinoiden hypoteesiin ja pääomahyödykkeiden hinnoittelumalliin (CAP-malli) (katso esimerkiksi viitteet [1, 2]). Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi ja CAP-malli ovat modernin rahoitusteorian peruspilareita, mutta kuten esimerkiksi viitteessä [3] osoitetaan, mikäli markkinoilla on osakekupla, markkinat ovat pääsääntöisesti tehottomat. Näin ollen tehokkaiden markkinoiden hypoteesiin perustuvat tapahtumatutkimukset ovat hyödyttömiä osakekuplan aikana.

Esittämäni tutkimuskysymyksen kaltaiset ongelmat ovat kuitenkin tyypillisiä statistisessa fysiikassa ja kvanttifysiikassa. Niihin on olemassa pitkälle kehitettyjä ja hienostuneita ratkaisumenetelmiä, joilla ratkotaan todennäköisyyksiä sisältävien tilojen aikakehitysongelmia. Perusluonteeltaanhan esittämäni oikeustaloustieteen alaan kuuluva ongelma on todennäköisyysjakauman aikakehityksen selvittämistä, missä yksi olennaisimpia asioita on selvittää todennäköisyysjakauman aikakehitystä määrittävät säännöt. Tässä tutkielmassa esittämäni metodi perustuu statistisessa fysiikassa kehitettyihin metodeihin käsitellä todennäköisyysjakauman aikakehitystä, joten sen pitäisi toimia myös sellaisissa olosuhteissa, joissa nykyiset tapahtumatutkimukset eivät toimi, eli kun sijoittajat eivät käyttäydy rationaalisesti eivätkä tee päätöksiään toisistaan riippumatta.

Tutkielmassani esittelen matemaattisen metodin arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttaman vahingon määrän määrittämiseksi ja tämän metodin taustalla olevan metateorian.

Metodia käyttäen analysoin esimerkinomaisesti Suomen IT-kuplan aikana vuonna 2000 tapahtunutta TJ Groupin tapausta, jonka osalta kysymyksenasettelu kuuluu: kuinka osakkeen hintaan vaikutettiin harhaanjohtavaa ja valheellista informaatiota julkaisemalla ja sisäpiirintietoa käyttämällä. Esimerkkitapauksen käsittely ei ole tarkoitettu täsmälliseksi oikeustapauksen analyysiksi vaan lähinnä osoittamaan, että metodini toimii. Taustateoriaa esitellessäni selitän, mitkä analyysiasteet voidaan tehdä toisella tavalla ja missä vaiheissa voidaan soveltaa erilaisia metodeja kuin esimerkissäni käytän. Pää tarkoitukseni on selittää perusperiaatteet, joiden varaan voi rakentaa yksikäsitteisen metodin kvantifioida arvopaperimarkkinapetoksen vaikutuksia, ja lisäksi esitän näille perusperiaatteille perustuvan helpokäyttöisen matemaattisen metodin.

Terminologian kannalta nostan esille seuraavan seikan: kontekstista riippuen käytän tässä tutkielmassa mitattavasta asiasta joko termiä *rikoshyöty* tai *vahinko*. Vaikka ne euromääräisesti mitattuna saattavat hyvinkin olla erisuuret (on helppo kuvitella tilanne, jossa on aiheutettu paljon vahinkoa saamatta siitä rikoshyötyä), niin esimerkkioikeustapauksen osalta rikoshyöty ja vahinko mitattuna suureella €/osake ovat yhtä suuret. Esimerkkitapaus on rikosseuraamus-oikeustapaus, jossa yhtenä tarkoituksena on määrätä rikoshyöty tuomittavaksi valtiolle, ja mainitussa tapauksessa oikeus arvioi tekijöiden saaman rikoshyödyn määrää. Vahingonkorvausprosessissa puolestaan tavoitteena on korvata vahinkoa kärsineelle aiheutuneen vahingon määrä. Yleisesti ottaen menetelmäni soveltuu niin arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttaman vahingon kuin rikoshyödynkin mittaamiseen.

Tutkielmani rakenne on seuraava: Luvussa 2 kerron lyhyesti TJ Groupin tapauksesta, johon analyysimetodia myöhemmin sovelletaan. Luvussa 3 esittelen hieman rahoitusteoriaa ja arvopaperimarkkinapetoksiin liittyvää nykytilaa tiedeyhteisössä ja tuomioistuimissa. Luku 4 käsittelee lyhyesti tutkimuksen metateoriaa, ja luvussa 5 esittelen korrelaatioihin perustuvan analyysimetodini. Luvussa 6 käsitellään arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttaman vahingon määrittämistä esimerkkitapaukseen perustuen ja analysoidaan niin meto-

din kuin saatujen tulosten pätevyyttä ja luotettavuutta. Lopuksi luvussa 7 ovat vuorossa johtopäätökset ja aiheeseen liittyvä yleinen pohdinta.

Olen kirjoittanut tässä esitetystä tutkimusaiheesta tieteellisen artikkelin yhdessä professori Matti Turtiaisen kanssa [4]. Artikkelissä sisältää käytännössä samat asiat kuin tämä tutkielma, joten en näe tarpeelliseksi viitata artikkeliin jokaisessa mahdollisessa tutkielman kohdassa. Professori Turtiaisen ja minun välisestä työnjaosta todettakoon seuraavaa: Tutkimusidea ja oikeustaloustieteellinen näkökulma tulevat professori Turtiaiselta. Tieteenfilosofia, menetelmän kehittäminen, mallin ohjelmointi ja data-analyysi ovat omaa työtäni, samoin suuri osa artikkelin kirjoittamisesta ja luonnollisesti tämän tutkielman kirjoittaminen kokonaisuudessaan.

2 TJ GROUPIN TAPAUKSEN ESITTELY

Vuoden 2000 alussa internetkonsultointiyritys TJ Group Oyj toteutti osakeannin, jossa yhtiö laski liikkeelle 2880000 uutta osaketta ja jonka yhteydessä yhtiön toimitusjohtaja Jyrki Salminen ja hallituksen puheenjohtaja Tuomo Tilman myivät kumpikin 3543750 yhtiön osaketta hintaan 17,60 €/osake [5]. Vuonna 2005 valtionsyyttäjä syytti TJ Groupia, sen johtoa ja osakeannin järjestänyttä investointipankki Evliä sisäpiirintiedon väärinkäyttämisestä, tiedottamisrikoksesta ja avunnannosta tiedottamisrikokseen. Käräjäoikeuden tuomio 26.1.2006 oli pääsääntöisesti vapauttava, mutta toimitusjohtaja ja hallituksen puheenjohtaja tuomittiin tiedottamisrikoksesta 40 päiväsakkoon [6]. Helsingin hovioikeuden tuomiossa 5.7.2007 pääomistajat ja yhtiön talousjohtaja tuomittiin ehdolliseen vankeuteen, pääomistajat menettämään valtiolle rikoshyötyä kumpikin noin 8 miljoonaa euroa, ja yhtiö tuomittiin yhteisösakkoon. Yhtiö ei joutunut maksamaan valtiolle rikoshyötykorvauksia, sillä se olisi vaarantanut yhtiön talouden. [7] Korkeimman oikeuden tuomio 15.1.2009 kovensi pääomistajien vankeusrangaistukset ehdottomiksi [8].

Rikoksella saaduksi hyödyksi hovioikeus arvioi 2,20 €/osake perustuen siihen, että osakeantihinnan 17,60 €/osake ja tulosvaroituksen jälkeisen hinnan 6,65 €/osake (26.4.2000) erotuksesta noin 20 % oli hovioikeuden mukaan seurausta **totuudenvastaisista ja harhaanjohtavista tiedoista** pörssitiedotteessa 26.1.2000 ja listalleottoesitteessä 2.2.2000. [5] Näin ollen 80 % erotuksesta arvioitiin johtuneen yleisestä IT-kuplan puhkeamisesta.

Syyttäjä piti 20 % osuutta yhtiön kurssilaskusta liian pienenä arviona rikoshyödyksi. Korkein oikeus ei muuttanut hovioikeuden arviota rikoshyödystä mutta lausui, ettei sen määrittäminen ole yksinkertaista [5].

Tapahtumat etenivät aikajärjestyksessä seuraavasti:

- 26.1.2000 yhtiö julkaisee *pörssitiedotteen*, jonka mukaan **se uskoo liiketuloksensa pysyvän positiivisena**. [5] Yhtiön osakkeen kurssi on noin 13 €/osake.
- 2.2.2000 yhtiö julkaisee osakeantia ja -myyntiä koskevan *listalleottoesitteen*, johon sisältyy muun muassa osavuositiedotus ja välitilinpäätös ajalta 1.7.–31.12.1999. Välitilinpäätöksen mukaan yhtiön liikevoitto on noin 82000 €. [5] Välitilinpäätöstä on **manipuloitu näyttämään voittoa**, kun hovioikeuden mukaan tuloksen olisi pitänyt näyttää tappiota 499600 € [5, 9]. Yhtiön osakkeen kurssi on noin 14 €/osake.
- 3.2.2000 Yhtiön osakkeen kurssi on 16,56 €/osake.
- 4.2.2000 Yhtiön osakkeen kurssi on 19,48 €/osake.
- 7.2.2000 TJ Groupin osakeanti alkaa. Yhtiön osakkeen kurssi on 25,14 €/osake.
- 20.3.2000 TJ Groupin sisäisen laskennan raportin mukaan yhtiön vuoden 2000 tulos jää todennäköisesti tappiolliseksi. **Hovioikeuden mukaan viimeistään tässä vaiheessa olisi tullut antaa tulosvaroitus**, joka annettiin vasta 26.4.2000.
- 28.3.2000 **Tulosvaroituksen sijaan julkaistaan pörssitiedote**, jonka mukaan TJ Group oli ostanut Saksasta kannattavan yrityksen. **Hovioikeuden mukaan tällä pyrittiin antamaan harhaanjohtavaa kuvaa yhtiön taloudellisesta asemasta**. Yhtiön osakkeen kurssi on 11,59 €/osake.
- 26.4.2000 **Tulosvaroitus**. Tulosvaroitusta edeltävänä päivänä 25.4.2000 yhtiön osakkeen kurssi on 8,18 €/osake, ja tulosvaroitusta seuraavana päivänä (27.4.2000) 6,48 €/osake.

3 TAUSTAA

3.1 Lyhyt johdatus rahoitusteorian perusteisiin: Osakkeen arvon määrittymisestä pörssikaupankäynnissä

Klassinen rahoitusteoria on rakennettu kolmen peruspilarin varaan, jotka ovat *tehokkaiden markkinoiden hypoteesi*, *pääoman ja arvopapereiden hinnoittelumalli* ja *Black-Scholesin optioiden hinnoittelumalli*. Niitä käytetään yleisesti arvopapereiden arvon määrittämisessä.

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin mukaan markkinat, joilla arvopaperin hinta kaikkina hetkinä heijastelee täysin saatavilla olevaa informaatiota, ovat tehokkaat [10]. Tämä tarkoittaa, että sijoittaja ei voi johdonmukaisesti saada suurempaa voittoa kuin keskimääräiset markkinatuotot samalla määrällä riskiä tehdessään sijoituspäätöksiä sijoituspäätöksen tekemisen aikana saatavilla olevan julkisen informaation perusteella.

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesista on kolme astetta. *Heikon* hypoteesin mukaan kaupankäynnin kohteena olevien arvopapereiden hinnat jo tällä hetkellä ovat seurausta kaikesta aiemmin julkistetusta informaatiosta; *keskivahvan* hypoteesin mukaan uuden informaation tullessa markkinaosapuolien tietoon hinnat muuttuvat välittömästi vastaamaan uutta informaatiota; ja *vahvan* hypoteesin mukaan arvopapereiden hinnat jo nyt sisältävät jopa salaista tai vain sisäpiirin tiedossa olevaa informaatiota. [10]

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi perustuu oletukseen **rationaalisista markkinoista**, eli markkinatoimijoiden ennusteet relevanttien (talous)muuttujien osalta eivät sisällä systemaattisia virheitä, vaan kaikki virheet ja häiriöt ovat satunnaisia ja normaalisti jakautuneita. Tämä tarkoittaa, että yksittäisen toimijan oletus tarkasteltavan muuttujan

(esimerkiksi arvopaperin) arvosta voi olla huomattavan väärä, mutta kaikkien toimijoiden oletusten odotusarvo (keskiarvo) kertoo arvopaperin oikean arvon. Täten siis oletetaan, että koko toimijoiden joukossa ei ole systemaattista (virheelliseen arvonmäärittelyyn johtavaa) virhettä. [11]

Tiedeyhteisössä tehokkaiden markkinoiden hypoteesia pidetään (empiirisesti) testatuimpana yhteiskuntatieteen hypoteesina, ja suurin osa testien tuloksista on yhteensopivia tehokkaiden markkinoiden hypoteesin kanssa [1]. Tosin kuten jäljempänä tarkemmin selittän, markkinat eivät aina toimi tehokkaasti, ja erityisesti talouskuplien aikana markkinat ovat ei-tehokkaat [3].

Pääomahyödykkeiden hinnoittelumallia (CAP-mallia)² käytetään arvopaperin odotetun tuoton laskemiseen. Sen mukaan sijoitetulle pääomalle vaadittu tuotto on riskittömän sijoituksen tuotto (riskitön korkosijoitus), johon lisätään β -kertoimella kerrottu keskimääräinen riskipreemio markkinoilla. Tätä voidaan kuvata yhtälöllä

$$E(r_i) = r_f + \beta_{i,m}(E(r_m) - r_f), \quad (1)$$

missä E on odotusarvo-operaattori, $E(r_i)$ on sijoituskohteeseen i tehdyn sijoituksen tuoton odotusarvo, $E(r_m)$ on markkinaportfolion tuoton odotusarvo, r_f on riskittömän sijoituksen tuotto, $E(r_m) - r_f$ on markkinoiden keskimääräinen riskipreemio, ja $\beta_{i,m} = \frac{\text{Cov}(r_i, r_m)}{\text{Var}(r_m)}$ on sijoituskohteen i arvonmuutoksen herkkyys koko markkinaportfolion arvonmuutokselle. [12, 13, 14]

β -kerroin kuvaa systemaattista riskiä (markkinariskiä) [12] ja on yksilöllinen jokaiselle arvopaperille (tai toimialalle tai markkinalle). Yksittäisen arvopaperin β on kyseisen arvopaperin riskilisän ja markkinan riskilisän suhde. Mikäli $\beta = 1$, niin arvopaperin riski on keskimääräinen markkinariski; jos $\beta > 1$, riski on keskimääräistä markkinariskiä suurempi, ja jos $\beta < 1$, riski on keskimääräistä pienempi. CAP-malli kuvaa sijoittajien

²Englanniksi *capital-asset pricing model*, tunnetaan myös lyhenteellä CAPM.

arvopaperilta vaatimaa pitkän aikavälin keskimääräistä tuottoa. Kyse ei ole ”varmasta” tuotosta, vaan pikemminkin tuotto-odotuksista tai -vaatimuksista. Lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä volatilitteetti aiheuttaa poikkeamia todellisten tuottojen ja tuotto-odotusten välillä, ja pitkällä aikavälillä $t \rightarrow \infty$ todellisen tuoton pitäisi keskimäärin olla CAP-mallin mukainen.

CAP-mallin mukaan sijoittajat (a) ovat rationaalisia ja riskiä välttäviä [12, 13, 14], (b) pyrkivät maksimoimaan taloudellisen hyödyn [12, 13, 14], (c) hajauttavat laajasti [12, 14], (d) ovat hinnan ottajia (eivät voi manipuloida hintoja) [13], (e) voivat lainata rahaa äärettömät määrät riskittömällä korolla [12, 13], (f) voivat käydä kauppaa ilman transaktiokustannuksia eikä heidän tarvitse maksaa veroja [13], (g) kaupankäynnin kohteena olevat arvopaperierät ovat infinitesimaalisia [13], ja (h) kaikilla sijoittajilla on käytettävissään sama informaatio samanaikaisesti [14]. Luonnollisesti nämä yksinkertaistukset eivät todellisilla markkinoilla toteudu, ja mallia onkin aika ajoin kritisoitu (muun muassa Rollin kritiikki [15], jonka mukaan (i) mikä tahansa varianssin keskiarvon suhteen tehokas portfolio toteuttaa CAP-yhtälön (1), eli CAP-malli on tautologia, mikäli markkinan oletetaan olevan keskimääräisen varianssin suhteen tehokas, ja (ii) koko markkinan käsittävän portfolion tulee välttämättä sisältää kaikki mahdolliset arvostettavat hyödykkeet, kuten kiinteistöt, postimerkkikokoelmat jne., jolloin koko markkinaportfoliota ei voida määrittää, koska joidenkin mahdollisten sijoitusten tuotot ovat määrittämättömiä). Lisäksi CAP-mallin taustaoletuksena on, että arvopapereiden tuotot ovat satunnaisia ja normaalisti jakautuneita [14]. Todellisilla markkinoilla suuria poikkeamia (3–6 keskihajonnan poikkeama odotusarvosta) tapahtuu kuitenkin huomattavasti useammin kuin oletus normaalijakaumasta antaisi olettaa [16].

Black-Scholesin optioiden hinnoittelumallin mukaan markkinoilla olevat optiot ovat oikein hinnoiteltuja, mikäli ei ole mahdollista tehdä varmoja voittoja (arbitraasia) luomalla sijoitussalkku pitkeistä tai lyhyistä positioista optioita ja niihin liittyvää arvopaperia

[17]. Tästä periaatteesta voidaan johtaa teoreettinen malli optioiden hinnoitteluksi.

Mallia johdettaessa oletetaan, että (a) lyhyen aikavälin korkotaso on tunnettu ja vakio ajan suhteen, (b) osakkeiden hinnat noudattavat satunnaiskävelyä jatkuvassa (ei-diskreetissä) ajassa, ja satunnaiskävelyn varianssi on verrannollinen osakkeen hinnan neliöön, (c) osake ei maksa osinkoa tai muuta osinkoa vastaavaa tulonjakoa, (d) optio on ”eurooppalainen” eli sen voi toteuttaa vain maturiteetin jälkeen, (e) osakkeen tai option ostamisesta tai myymisestä ei aiheudu transaktiokustannuksia, (f) myynti- ja ostoerät ovat infinitesimaalisia, ja (g) lyhyeksi myyminen on sallittua eikä siitä aiheudu ylimääräisiä kustannuksia [17]. Tosin myöhemmissä tutkimuksissa mallia on laajennettu vähentämällä rajoituksia, kuten ottamalla huomioon osinkojen maksaminen [18] ja muuttuva korkotaso [19].

Seuraavaksi tarkastelen yksityiskohtaisemmin edellä esiteltyjen mallien yhteistä perustetta: kaikki mainitut rahoitusteorian peruseriaatteen perustuvat oletukseen *normaalijakauman mukaisista satunnaisprosesseista* markkinamekanismeissa. Kuten jo yllä mainitsin, ”harvinaisia” markkinatapahtumia havaitaan todellisuudessa huomattavasti useammin kuin olisi odotettavissa, mikäli taustalla olisivat normaalijakaumaa noudattavat satunnaismuuttujat [16]. Ajatus normaalisti jakautuneista satunnaismuuttujista markkinoita määrittävänä tekijänä ei ole uusi: sen esitti jo vuonna 1900 väitöskirjassaan ranskalainen matemaatikko Louis Bachelier, jonka mukaan osakkeiden hinnat käyttäytyvät (ei-ajautuvan) Brownin liikkeen mukaisesti [20]. Tosin väitöskirjan ohjaajana toiminut Henri Poincaré lausui väitöstyöstä mielipiteenään, että kun ihmiset ovat yhdessä, he eivät enää päästä asioistaan toisistaan riippumattomasti, vaan ihmisjoukolla on taipumus käyttäytyä kuten lampailla tarinassa *Panurgen lampaasta* [21]. Tarinassa Panurge oli ostanut lampaan ja joutunut mielestään maksamaan siitä ylihintaa, ja ylihinnasta ärtyneenä hän laivamatkalla ollessaan heitti ostamansa lampaan äkkipikaistuksissaan yli laidan. Lammas sattuikin olemaan lauman alfauros. ”Yhtäkkiä, en tiedä kuinka se tapahtui, minulla ei ol-

lut aikaa ajatella, Panurge sanaakaan sanomatta heitti parkuvan ja määkivän lampaansa mereen. Kaikki muut lampaat, parkuen ja määkien samalla äänensävyllä, alkoivat kaikki jonossa heittäytyä mereen sen perässä. Lauma käyttäytyi siten, että kun yksi hyppäsi, hyppäsivät kaikki muutkin. Lampaita oli mahdoton pysäyttää, sillä kuten tiedät, niille on luonnollista seurata ensimmäistä, minne ikinä se onkaan menossa.”³ Tarinan opetus on, että satunnaiskävely edellyttää markkinatoimijoiden olevan keskenään korreloitumattomia, kun taas lammaslauma on keskenään hyvin korreloitunut.

Erityisesti vuonna 2008 alkanut talouskriisi ja sen jälkiselvittely on lisännyt kritiikkiä rahoitusteorian perusrakenteita kohtaan. Kritiikin polttopisteessä on ollut tehokkaiden markkinoiden hypoteesi, erityisesti sen riippuvuus keskenään korreloitumattomista markkinatoimijoista, joskin tämä asia oli huomattu jo ennen mainittua kriisiä [21, 23]. Mikäli markkinatoimijoiden päätökset ovat keskenään korreloituneita, se ensinnäkin tarkoittaa, että markkinat eivät toimi tehokkaasti (eli markkinaosapuolet eivät ole rationaalisia ja muodosta mielipiteitään arvopapereiden hinnoista toisistaan riippumattomasti), jolloin arvopapereiden hinnan määrittäminen sisältää systemaattisen virheen. Aiheesta on tehty hupitutkimustakin: esimerkiksi rahoitusosalalle kouluttautuneet sijoitusanalyytikot tekevät huonompia sijoituspäätöksiä kuin simpanssi [24], tikkaa heittämillä valittu osakesalkku menestyy [24], ja eteläkorealaisessa vuoden kestäneessä sijoituskilpailussa kolmanneksi tuli papukaija nimeltä Ddalgi [25]. Simpanssin tai papukaijan ylivoima sijoitusanalyyttikkona perustuu siihen, että niiden oletetaan tekevän päätöksensä satunnaisesti, jolloin päätökset ovat oikeita keskimäärin puolessa tapauksista (eli tavallaan tapaus vastaa sijoituspäätösten tekemistä kolikonheiton perusteella). Laumakäyttäytymisen johdosta sijoitusanalyytikot ennustavat usein toistensa kaltaisesta konsensusennusteista [23], jotka ovat keskimäärin

³Suddenly, I do not know how it happened, I did not have time to think, Panurge, without another word, threw his sheep, crying and bleating, into the sea. All the other sheep, crying and bleating in the same intonation, started to throw themselves in the sea after it, all in a line. The herd was such that once one jumped, so jumped its companions. It was not possible to stop them, as you know, with sheep, it's natural to always follow the first one, wherever it may go. [22]: IV kirja, VIII luku.

oikeassa harvemmin kuin kolikonheitto.

Mielenkiintoisinta siinä, että sijoittajat alkavat käyttäytyä laumana (verrattuna siihen, että olisivat korreloitumattomia ja tekisivät sijoituspäätökset itse), on, että tällä käyttäytymisellä ja käyttäytymisen muutoksella on havaittava ja (yksinkertaisilla) matemaattisilla työkaluilla kvantifioitava vaikutus markkinoihin. Seuraavaksi käsittelen yleistajuisella tavalla tämän käyttäytymisen analysointityökaluna käytettävää *Hurstin eksponenttia*. Hurstin eksponentti on riippuvuuden mittari, joka mittaa aikasarjan suhteellista taipumusta konvergoida odotusarvoa kohti tai ryhmittäytyä johonkin suuntaan. Tavallaan Hurstin eksponentilla mitataan systeemissä olevaa ”muistia”, eli aikasarjan autokorrelaatioita. Mikäli $0 < H < 0,5$, aikasarjassa on negatiivinen autokorrelaatio eli aikasarjan seuraava muutos tapahtuu todennäköisemmin päinvastaiseen suuntaan kuin edellinen. Mikäli $0,5 < H < 1$, autokorrelaatio on positiivinen eli systeemillä on taipumus jatkaa samaan suuntaan kuin aiemminkin. Mikäli $H = 0,5$, kyseessä on aito satunnaiskävely. [26]: luku 2.1. Tässä yhteydessä en näe tarpeelliseksi selittää, kuinka Hurstin eksponentti aikasarjasta lasketaan⁴, vaan painotan olennaisena seikkana, että toimiakseen tehokkaiden markkinoiden hypoteesi (kuten muutkin aikaisemmin mainitut rahoitusteorian perusajatukset) edellyttää, että $H = 0,5$. On havaittu, että markkinat toimivat tehokkaasti, kunnes kupla alkaa muodostua. Kuplan muodostumisen aikana $H > 0,5$ [3]. Tällöin markkinatoimijat tekevät päätöksiä laumana, ja laumalla on usko, että riskit ovat pieniä; viimeisimmässä kriisissä se kiteytyi USA:ssa ajatukseen ”asuntojen hinnat jatkavat tulevaisuudessa nousuaan, koska ne ovat (lähi)menneisyydessäkin nousseet pitkän aikaa”. Laumakäyttäytymisen seurauksena volatilitetti kasvaa [3]. Kupla voi tyhjentyä itsestään ”hallitusti”, jos riittävän moni sijoittaja alkaa jälleen tehdä itsenäisiä sijoituspäätöksiä, jolloin markkinat palaavat tehokkaaseen tilaan. Sen sijaan mikäli laumakäyttäytyminen jatkuu riittävän pitkään, markkinat ohittavat takaisinpaluukohdan, minkä jälkeen vain dramaattinen korjausliike voi palauttaa markkinat tehokkaiden markkinoiden tilaan. Tietyn kriittisen

⁴Hurstin eksponentista ja erityisesti siitä, kuinka se liittyy rahoitukseen, enemmän kiinnostuneelle suosittelen tutustumista viitteeseen [26], jossa perusteet on käsitelty perinpohjaisesti.

pisteen jälkeen moni ”spekuloiva” sijoittaja yrittää samanaikaisesti realisoida voittojaan, mutta ostolaita on pieni, ja kaikki muutkin tulevat siihen tulokseen, että nyt on hyvä aika myydä, varsinkin kun pitää saada myydyksi nopeasti, koska hinnat ovat laskemassa. Seurauksena on romahdus.

3.2 Rikoshyödyn määrittämisen vaikeudesta

Oikeus- ja taloustiedeyhteisössä on tunnustettu tosiasia, että arvopaperimarkkinoilla tapahtuneesta petoksesta aiheutuneen rikoshyödyn tai -vahingon määrittäminen on ongelmallista. Viitteessä [27] on pohdittu tätä problematiikkaa tarkemmin (amerikkalaisen) tuomioistuimen näkökulmasta, ja se sisältää hyviä lähdeviitteitä alan kirjallisuuteen. Tuomioistuimissa tunnutaan yleisesti ajateltavan, että rikoshyödyn (tai -vahingon) määrää ei voida arvopaperimarkkinarikoksissa määrittää tarkasti, vaan se perustuu (subjektiivisiin) arvioihin. Tämä onkin käytännössä ainoa, mitä asiasta on sanottu; vahingon määrän eksaktiin ja objektiiviseen määrittämiseen ei tällä hetkellä ole olemassa menetelmää.

TJ Groupin oikeustapauksen osalta korkein oikeus totesi kuvaavasti:

- *Sen sijaan sisäpiirintiedon väärinkäytöllä tavoitellun ja sen tuottaman hyödyn määritteleminen perustuu usein sellaisiin arvionvaraisiin seikkoihin, joihin vaikuttavia satunnaisia tekijöitä ei voida etukäteen tuntea ja joiden vaikutusta ei voida jälkikäteen tarkasti tietää. Lisäksi on jo lähtökohtaisesti otettava huomioon, että arvopaperimarkkinarikosten kohdalla toimintaympäristöstä johtuen yksittäisissä kaupoissa kauppahinnat ja siten hyöty voivat kohota erittäin huomattaviksi.* [5]: kohta 27.
- *Korkein oikeus toteaa, ettei voida osoittaa yhtä kaikkiin tapauksiin soveltu-*

vaa tapaa *arvioida sitä, miten sisäpiirintieto vaikuttaa arvopaperin kurssiin.* [5]: kohta 45. (Perusteluna sille, miksi KKO ei nostanut rikoshyödyn määrää syyttäjän vaatimuksesta, vaikka syyttäjä piti hovioikeuden käyttämää prosenttilukua liian pienänä.)

Entä jos olisi olemassa yksikäsitteinen metodi, jolla voidaan arvioida riittävän luotettavasti yksittäisen arvopaperin arvonkehitystä löytämällä markkinoiden yleisestä käytöksestä ne piirteet, joiden avulla markkinoiden käytös saadaan otettua huomioon arvopaperin hinnanmäärittämisessä? Tällöin rikoshyöty sisäpiiritiedon väärinkäyttämisestä ja tiedottamisriksista tulisi (epäsuorasti) kvantifioitua yksikäsitteisesti: se on se osa arvon muutoksesta, jota yleinen markkinakäyttäytyminen ei selitä.

3.3 Laillisen vastuun määrittämisestä

Eräs tärkeä lähtökohta rangaistuksen määrittämiseen on se, ettei rikoksen tekijän tulisi kyetä hyötymään rikoksesta taloudellisesti ottaen huomioon rangaistuksesta aiheutuneet sanktiot, sillä muuten rationaaliset ihmiset ryhtyisivät rikollisiksi. [28] Lisäksi tulee ottaa huomioon kiinnijäämisriski eli todennäköisyys tulla rangaistuksi [29]. Täten rangaistuksen rahallista arvoa (laillinen vastuu, rikosoikeudellinen vastuu) määritettäessä ”pelotevaikutuksen” aikaansaaminen täysin rationaaliseen rikokseen edellyttää, että seuraamuksia määritettäessä realisoitunut rikoshyöty tulee jakaa kiinnijäämistodennäköisyydellä [29]. Tällöin rikoksen tekemisestä aiheutuvat riskit ja hyödyt ovat yhtä suuret, jolloin rationaalinen rikollinen olisi indifferentti rikoksen tekemisen suhteen. Rikoshyödyn menettämisen lisäksi aiheutuvat muut seuraamukset saisivat rationaalisen toimijan pysymään kaidalla polulla. Kuten viitteissä [27, 28] todetaan, petosten ennaltaehkäisemiseksi helpoin keino on korottaa petoksista kiinni jääneiden rangaistuksia. Oleellista on huomata, että rikoshyöty ja rikosoikeudellinen vastuu eivät nykyaikaisen rangaistusteoreettisen ajattelun

perusteella suinkaan ole identtiset [29, 30].

Viitteessä [30] pohditaan yksityiskohtaisesti edellä mainittua rationaalisen petoksen tekijän problematiikkaa: onko petoksesta saatu hyöty suurempi vai pienempi kuin $P_d((P_l L_l) + L_r)$, missä P_d on petoksen havaitsemistodennäköisyys, P_l todennäköisyys sille, että (arvopaperimarkkina)lakia sovelletaan menestyksekkäästi, L_l edustaa rahamääräistä *laillista vastuuta* (rikosoikeudellista vastuuta) ja L_r muita tappioita (kuten maine- ja markkinatappioita). Koska todennäköisyydet P_d ja P_l ovat melkoisella varmuudella alle yksi, tämän perusteella vaikka TJ Groupin tapauksessa (hovi)oikeuden käyttämä arvio petoksesta saadusta hyödystä olisikin ollut oikea, johtopäätös rangaistuksen suuruudesta (petoksen rahamääräisestä laillisesta vastuusta) L_l olisi mainittujen seikkojen perusteella väärä, jotta laki toimisi petoksia ehkäisevästi. Erityisesti tämä seikka tulee ottaa huomioon, koska kysymyksessä ei ole vahingonkorvausoikeudenkäynti, jossa tarkoituksena on palauttaa vahinkoa kärsinyt sellaiseen taloudelliseen asemaan, jossa tämä olisi ilman vahinkoa, vaan rikosseuraamus oikeudenkäynti, jossa rikoshyöty tulee tuomita menetettäväksi [5]. Erityisen mielenkiintoiseksi seikan tekee se, että ankaraa rikosten ennaltaehkäisyyn liittyvää korvauskäytäntöä on Suomessa sovellettu tekijänoikeusrikoksista annetuissa tuomioissa [31, 32]. Miksi tässä tapauksessa ei sovellettu samaa käytäntöä? Epäjohdonmukainen käytäntö asettaa rikolliset eriarvoiseen asemaan tuomioistuimien edessä⁵.

Tehdäänpä ajatuskoe: oletetaan, että hovioikeus olisi TJ Groupin tapauksessa onnistunut määrittämään laillisen vastuun oikein, eli $L_l = 7796250$ €. Oletetaan lisäksi, että $L_r = 2333333,33$ €, sillä tekijät istuivat vankilassa 2 vuotta ja 4 kuukautta, vuosipalkkana 1000000 € (mikä on paljon, mutta oletetaan argumentin vuoksi). Kiinnijäämisriskin

⁵Talousrikoksista tuomitaan suhteessa liian pieniä rangaistuksia, jolloin suurista talousrikoksista odotusarvona on saatavissa hyötyä, vaikka on olemassa riski kiinni jäämisestä. Tästä hyvänä esimerkkinä on oikeustapaus, jossa metsäyhtiöllä oli puun ostokartelli, ja siitä aiheutuneet vahingot (rikoshyöty) olivat arviolta 1,5 miljardia euroa. Markkinaoikeus määräsi seuraamusmaksuiksi yhteensä 51 miljoonaa euroa, eivätkä metsäyhtiöt (ei niin yllättäen) valittaneet päätöksestä. [33, 34]

on talousrikoksissa ajateltu olevan 5–10 % luokkaa [35], ja USA:n oikeusministeriön syyttäjät arvioivat, että arvopaperimarkkinoihin liittyvän petoksen havaitsemis- ja tuomitsemistodennäköisyys on 19,2–31,7 % (95 % luottamusväli) [36]. Oletetaan, että $P_d = 0,2$. Oletetaan lisäksi (rikolliselle armollisesti), että Suomen oikeusistuim on erehtymätön, eli lakia sovelletaan aina oikein (mistä voi hyvinkin olla eri mieltä tämän analyysin lopputuloksen perusteella, mutta oletetaan jälleen argumentin vuoksi ja yksinkertaistaen), eli $P_l = 1$. Tulokseksi saadaan, että mikäli rikosoikeudellinen vastuu on $L_l = 7796250$ €, rationaalisen rikollisen kannattaa ryhtyä rikokseen, mikäli rikoksesta saatu hyöty R on enemmän kuin $R > P_d((P_l L_l) + L_r) = 2025916,66$ €. Päättelyn voi kääntää myös toiseen suuntaan, eli mikä on adekvaatti rangaistuksen suuruus, jotta rikollinen ei ryhtyisi rikokseen tilanteessa, jossa rikoshyöty on $R = 7796250$ €? Nyt $L_l = (\frac{R}{P_d} - L_r)\frac{1}{P_l} = 36647916,67$ €, eli mikäli rikoshyöty olisi määritetty oikein, niin rikosta ennalta ehkäisevä tuomio olisi yli 36 miljoonaa euroa! Tämä on linjassa syyttäjän vaatiman 48 miljoonan euron kanssa [5].

Ajatuskokeen perusteella Suomen laki (ja tuomioistuinkäytäntö) ei arvopaperimarkkina-rikosten osalta toimi ainakaan ennalta ehkäisevästi, vaan pikemminkin rikolliseen toimintaan kannustavasti. Sen sijaan tekijänoikeusrikoksissa lakia sovelletaan korvausten ja laillisen vastuun osalta rikoksia ennalta ehkäisevällä tavalla.

4 METATEORIA

4.1 Ekonofysiikka

Sekä fysiikassa että taloustieteissä mallintaminen pohjautuu kausaalisuhteisiin. Koska luonnontieteissä, erityisesti fysiikassa, matemaattisella mallintamisella on paljon pidempi perinne kuin yhteiskuntatieteissä, on ilmeistä, että yhteiskuntatieteet voivat hyötyä fysiikassa kehitettyjen mallintamisperiaatteiden soveltamisesta omaan tutkimusongelmakenttäänsä. Fysiikan eri alojen perusongelma on kuvailla, mitata, ennustaa ja ymmärtää dynaamisia ilmiöitä. Fysiikka ja taloustiede ovat empiirisiä luonnontieteitä; taloustieteissä analysoidaan usein suuria empiirisiä aineistoja. *Ekonofysiikka* on monitieteinen tutkimusala, jossa alun perin fysiikassa kehitettyjä menetelmiä sovelletaan taloustieteen ongelmakenttään.

Ekonofysiikan alan tutkimukset keskittyvät pääsääntöisesti tavalla tai toisella epävarmuuteen, stokastisiin prosesseihin ja epälineaariseen dynamiikkaan. Ekonofysiikan alaan kuuluvassa statistisessa rahoitusteoriassa⁶ muun muassa johdetaan makrotason statistisia lakeja aggregoimalla keskenään vuorovaikuttavia mikroyksiköitä (samoin kuin vaikkapa molekyyliä kineettisessä kaasuteoriassa, katso esimerkiksi [37]) ja sovelletaan statistisen fysiikan metodeja arvopaperi- ja valuuttamarkkinoiden dynaamisten ilmiöiden selittämiseen (esimerkiksi [38]) ja markkinatasapainoanalyysiin (esimerkiksi [39]). Lisäksi ekonofysiikassa tutkitaan taloustieteiden perusteita (esimerkiksi [40]). Siispä tutkimukseni ala on oikeustaloustieteen lisäksi ekonofysiikkaa, ja ekonofysiikan puolella statistista rahoitusteoriaa.

⁶*Statistical finance*; nimi juontaa juurensa statistisesta fysiikasta.

Kvanttifysiikan dynaamiset perusongelmat liittyvät muodoltaan todennäköisyysamplitudien aikakehitykseen. Statistisessa fysiikassa käytetään usein ensemblejä, jotka ovat koelmia systeemin mahdollisista tiloista niihin liittyvine todennäköisyyksineen. *Systeemin tila* on oleellinen käsite niin kvanttifysiikassa kuin statistisessä fysiikassakin, ja koko systeemin tila saadaan aggregoimalla yhteen todennäköisyysamplitudeilla painotettuja systeemin mahdollisia tiloja. Dynaaminen ongelma on yleensä muotoa ”kuinka systeemin tila kehittyy ajassa, kun siihen vaikuttavat tietyt säännöt”. Nämä säännöt kuvataan (kvanttifysiikassa) aikakehitysoperaattorilla.

Osakkeen hinnan muutokset pörssikaupankäynnissä ovat dynaamisia ilmiöitä. Tarkasteltavan ilmiön (osakkeen hinnan kehitys ajassa) osalta mahdolliset tilat voidaan ilmaista yksinkertaisesti osakkeen hinnan avulla, ja näillä mahdollisilla tiloilla on tietyt todennäköisyydet. Aikakehityksen myötä todennäköisyydet muuttuvat. Koska menetelmäni lähtökohtana on laskea osakkeen hintaa taaksepäin siitä hetkestä, kun markkinoilla on oikeat ja riittävät tiedot tarkasteltavan yhtiön toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta, voidaan alkutilaksi valita mainitussa tilanteessa toteutunut osakkeen hinta ja antaa sille todennäköisyyspaino 1. Alkutila on määritelty. Aikakehityksen sääntöinä voidaan pitää yleisen markkinakehityksen ja mainitun arvopaperin välisiä korrelaatioita laskettuna aikaväliltä, jolloin markkinoilla on ollut oikeat ja riittävät tiedot. Näin ollen aikakehityksenkin säännöt ovat (karkeasti) hyvin määritellyt.

Tämän tutkimuksen ymmärtäminen ei edellytä esitietoja kvanttifysiikasta tai statistisesta fysiikasta. Selitän kaiken ymmärryksen kannalta tarpeellisen aina asian käsittelyn yhteydessä.

4.2 Fysiikan metateoriasta

Jotta tämän tutkimuksen tekeminen olisi ylipäänsä mahdollista, ja jotta voin oikeuttaa metodin käytön ja perustella, mihin oletuksiin johtopäätökset perustuvat, oletan tutkimukseni lähtökohdaksi fysiikan metateorian. Oletan siis, että on olemassa yksikäsitteinen ja objektiivinen vahinko, jonka tapahtunut väärinkäytös on aiheuttanut. Tuomioistui-
men (ja matemaattisen mallintajan) tehtäväksi jää todistusaineiston valossa kyetä määrittämään tämä vahinko eksaktisti (empiirisillä menetelmillä). Käytännössä nämä oletukset edellyttävät *tieteellisen realismin* mukaista metateoreettista viitekehystä. *Fysikalismi* täyttää mainitun ehdon, minkä lisäksi se on sovelias viitekehys käytettäväksi empiirisen ja objektiivisen aineiston analysoinnissa. Viitteestä [41] löytyy lisätietoa tieteellisestä realismista, ja viitteestä [42] löytyy fysikalismin yksityiskohtainen käsittely.

Ontologia

Olennaista tieteellisessä realismissa ja fysikalismissa on se, että on olemassa (ihmismielestä riippumaton) objektiivinen fysikaalinen todellisuus [41, 42].⁷ Ei ole olemassa mitään ”yliluonnollista”. Mahdolliset ylluonnollisina pidetyt asiat johtuvat vain ja ainoastaan siitä, että ilmiötä ei ole tutkittu riittävästi, jotta sen ”luonnollisuus” olisi paljastunut. Todet propositiot ovat sellaisia, jotka kuvaavat fysikaalisessa todellisuudessa vallitsevia asioita, eli oletetaan *totuuden korrespondenssiteoria* [43]. Todellisuutta koskevat teoriat ovat vain todellisuuden kuvauksia (ja mallit ovat todellisuuden yksinkertaistettuja kuvauksia). Tiettyä objektiivista tosiasiaa on mahdollista kuvata monilla eri teorioilla useista eri näkökulmista, ja nämä kuvaukset voivat olla keskenään ristiriitaisiakin. Sen sijaan ilmiö,

⁷Korkeimman oikeuden lausuntojen lihavoidut kohdat luvussa 3.2 ovat tavallaan tieteellisen realismin vastaisia. Mikäli korkein oikeus noudattaisi fysikalismia, jonka mukaan on olemassa objektiivinen ja ristiriidaton todellisuus, se olisi pikemminkin lausunut, että ”tämä rikoshyöty on olemassa objektiivisesti ja yksikäsitteisesti, mutta nykyisellä tietotaidolla sitä ei vielä kyetä ristiriidattomasti määrittämään”.

jota näillä kuvauksilla yritetään tavoittaa, on objektiivinen ja ristiriidaton. On olemassa rikos, josta on seurannut tietty määrä rikoshyötyä, ja on olemassa rikosoikeudellinen vastuu (laillinen vastuu) rikoksesta.

Epistemologia

Mitä voidaan tietää siitä, mikä on olemassa ja totta? Mittaustulokset alideterminoivat fysikaalisen todellisuuden; on olemassa useita erilaisia epistemologisia malleja (tieteellisiä teorioita) fysikaalisesta todellisuudesta, jotka kaikki selittävät havaitut mittaustulokset [41]. Koska fysikaalinen todellisuus on ristiriidaton, on järkevää vaatia epistemologisten mallien sisäistä ristiriidattomuutta, eli että epistemologisissa malleissa *totuuden koherenssiteoria* [44] on voimassa. Loogisesti teorioita ei voida (yleensä) todistaa oikeaksi (mutta voidaan toisinaan osoittaa vääräksi). Teorian- ja mallinmuodostuksessa on tärkeää, että kaikki oleelliset ilmiöön (tässä tapauksessa TJ Groupin osakkeen arvon muodostumiseen) vaikuttavat seikat on otettu huomioon, ja että teoria on sisäisesti koherentti.

Metodologia

Vaikkakin mittaukset alideterminoivat fysikaalisen todellisuuden, mittaustulokset ovat objektiivisia ja tosia [45, 46]. Teorioita korroboroidaan [47] (tai osoitetaan vääräksi) empiirisesti [46]. Pätevä päättely [48] perustuu tieteelliseen metodiin [45]. Osa tieteellistä metodologiaa on Occamin periaate, jonka mukaan *todistustaakka on eksistenssiväitteen esittäjällä ja ei ole syytä tehdä enempää oletuksia kuin on tarpeen* [49, 50]. Toimiiko kehittämäni malli TJ Groupin osakkeen arvon muodostumisesta? Mikäli ei toimi, niin hyvä on, hylätään malli ja tiedetään, että tämä ei ainakaan ole oikea tapa yrittää selvittää rikoshyödyn määrää. Mikäli malli ei tule kumotuksi, se lienee rikoshyödyn määrittämiseen parempi kuin nykyinen ”arvaamiseen” perustuva menetelmä. Mallin testaaminen tapahtuu vertaamalla sitä empiiriseen aineistoon.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

TJ Groupin tapauksessa korkein oikeus lausui, että osakkeen arvon romahtamisesta 20 % aiheutui arvopaperimarkkinapetoksesta ja 80 % oli seurausta ”normaalista markkinakäyttäytymisestä” IT-kuplan ja sen puhkeamisen aikana [5]. Normaalista markkinakäyttäytymistä on mahdollista arvioida arvopaperien välisten korrelaatioiden avulla. Näin ollen arvopaperimarkkinapetosten vaikutuksia on mahdollista arvioida epäsuorasti selvittämällä, mitä osaa arvopaperin hintakäyttäytymisestä ei voida selittää normaalilla markkinakäyttäytymisellä.

5.1 Metodi

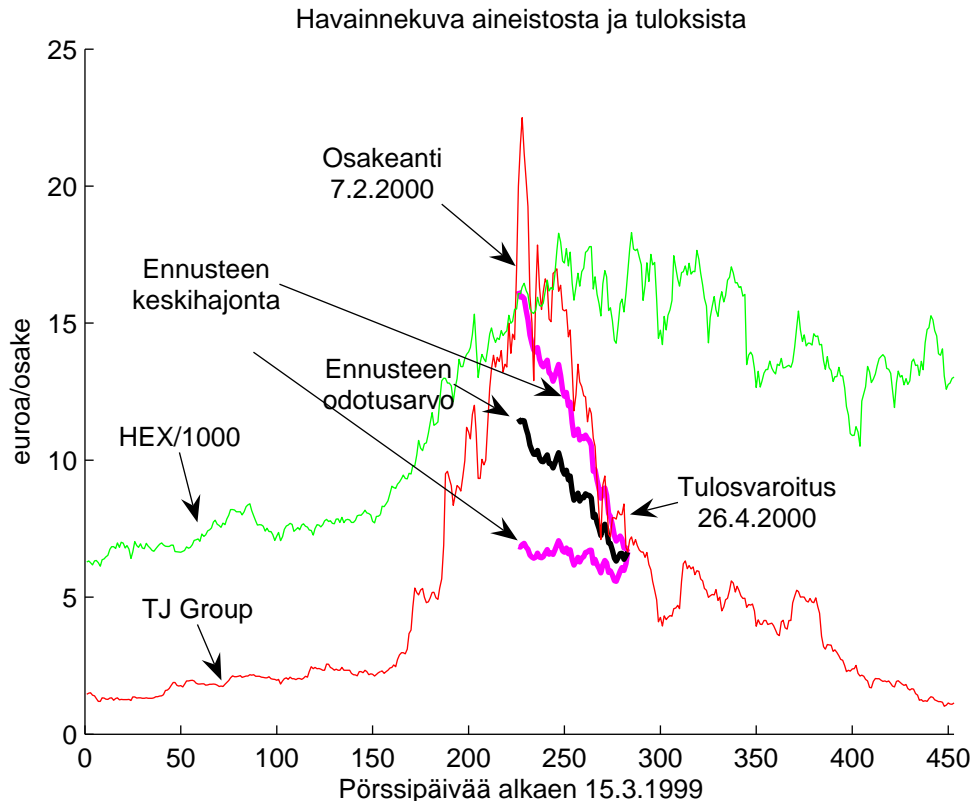
Tutkimuksessa käyttämäni metodi perustuu lyhyesti seuraaviin ideoihin:

(1) Perustavaa laatua oleva tutkimuskysymys tapahtumatutkimuksessani on, kuinka markkinat olisivat käyttäytyneet, mikäli tapahtumassa julkiseksi tullut informaatio olisi ollut markkinatoimijoiden käytettävissä *ennen kuin* se tosiasiallisesti julkaistiin. Esimerkkitapauksen osalta kannattaa pohtia seuraavaa: TJ Groupin johto julkaisi virheellistä ja harhaanjohtavaa informaatiota yhtiön rahoitusasemasta, toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta pörssitiedotteessa (26.1.2000) ja listalleottoesitteessä (2.2.2000). Oikeat ja riittävät tiedot yhtiön toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta olivat korkeimman oikeuden mukaan sijoittajien käytettävissä vasta 26.4.2000, jolloin TJ Group julkisti tulosvaroituksen [5]. Yksityiskohtainen TJ Groupin tapaukseen liittyvä kysymys on, kuinka markkinat olisivat käyttäytyneet, mikäli tulosvaroituksen sisältämä informaatio olisi ollut sijoittajien käytettävissä jo ennen kuin tulosvaroitusta julkistettiin.

(2) Vastatakseni kysymykseen analysoin arvopapereiden välisiä korrelaatioita ajalta tapahtuman (tulosvaroituksen) jälkeen, ja näiden korrelaatioiden avulla lasken osakkeen arvon mahdollista kehitystä tapahtumasta taaksepäin. Tämän pitäisi statistisesti arvioitavissa olevalla luotettavuudella kertoa, kuinka osakkeen hinta olisi käyttäytynyt, mikäli tulosvaroituksen sisältämä informaatio olisi julkistettu aiemmin.

Arvopaperijoukon keskinäisiä korrelaatioita analysoimalla selvitän, mitkä tekijät vaikuttavat tarkasteltavan arvopaperin (TJ Group) arvon muutokseen (ja selittävät sitä). Tuloksena saadaan arvio siitä, kuinka arvopaperin hinta olisi määräytynyt tilanteessa, jossa tulosvaroituksessa julkistettu tieto olisikin ollut markkinoiden käytettävissä jo aikaisemmin.

Arvopaperin arvon määräytymisen ymmärtämisessä oleellinen asia on reaalisien sijoittajakäyttäytymisen ymmärtäminen. TJ Groupin kyseenalaisten toimien tapahtumahetki oli talouskuplan ja sen puhkeamisen aika, mikä tulee ottaa huomioon sijoittajakäyttäytymistä mallinnettaessa. Koska kuplatalouteen kuuluu se, että arvopapereiden hintojen muutokset ovat keskenään erittäin korreloituneita eivätkä sijoittajat tee päätöksiään toisistaan riippumattomasti, tämä tulee ottaa huomioon metodologiaa kehitettäessä. On olemassa työkaluja, joiden avulla voidaan laskea, toimivatko (Helsingin arvopaperi)markkinat tehokkaasti vuosina 1999–2000, mutta tätä tarkastelua en tässä tee vaan oletan (jälkiviisaasti), että markkinat eivät toimineet tehokkaasti, sillä kyseessä oli yleisesti tunnustettu pörssikupla. Tästä syystä mallini perustuu ajatukseen, että tietyn puuttuvan informaation vaikutus voidaan laskea taaksepäin arvopapereiden hintojen muutosten korrelaatioista. Laskeminen aloitetaan ajasta, jolloin vaadittu informaatio on jo markkinoilla, ja lasketaan tästä taaksepäin hetkeen, jolloin informaation olisi pitänyt olla markkinoilla. Kuva 1 selventää asiaa. Oletan, että sijoittajat sijoituspäätöksineen olivat tuolloin keskenään erittäin korreloituneita, minkä perusteella keskityn arvopaperien hinnanmuutosten välisiin korrelaatioihin.



Kuva 1: TJ Groupin ja HEX-yleisindeksin kehitys ajalla 15.3.1999–31.12.2000. Kuvaan on merkitty osakeannin alkamispäivä 7.2.2000 ja tulosvaroituksen ajankohta 26.4.2000. Lisäksi olen merkinnyt kuvaan korrelaatioennustamismenetelmän havainnollistavan odotusarvon ja keskihajonnan kuvaajat.

On mahdollista, että informaatio, joka tuli sijoittajien käytettäväksi tulosvaroituksen muodossa 26.4.2000, olikin jo aiemmin vuotanut joillekin sijoittajille. Tämä vuotaminen on saattanut vaikuttaa osakkeen hinnanmuodostusprosessiin ajalla ennen tulosvaroitusta, mutta koska analyysimetodini pohjautuu tapahtuman jälkeisiin korrelaatioihin, vuodon mahdollisuus ja mahdollinen vaikutus hinnanmuodostukseen ei ole metodin käytön kannalta ongelma. Koska sisäpiirintiedon vuotaminen tai käyttäminen ennen tapahtumaa on voinut aiheuttaa epänormaalia kaupankäyntikäytöstä, on mahdollista, että metodiani voisi sopivin muutoksin laajentaa myös sisäpiirintiedon käyttämisen havaitsemiseen ja vaikutusten analysointiin. Tämä olisi mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe.

5.2 Aineisto

Tässä tutkielmassa mallin toimintaa havainnollistavien kuvien ja lukujen tuottamiseen on käytetty aineistona HEX-yleisindeksin ja TJ Groupin osakekurssin kehitystä ajanjaksolla 15.3.1999–31.12.2000. Mallin perinpohjaisempaa testaamista ajatellen ideaaliin aineistoon sisältyisi Helsingin pörssissä listattujen yritysten kaupankäyntidataa kyseiseltä ajanjaksolta sekä eräitä muita tekijöitä, jotka saattaisivat korreloida TJ Groupin kurssikehityksen kanssa, kuten painorajoitettu portfolio-indeksi, IT-sektorin indeksi, öljyn hinta, DJ-indeksi, DJ-maailma-indeksi, SP500-indeksi, Nasdaq-indeksi, kullan hinta, euron ja dollarin suhde sekä EURIBOR-korko. Lisäksi odotusarvojen laskemisessa voidaan hyödyntää kaupankäyntivolyymi-informaatiota. Tämä on kuitenkin myöhemmän tutkimuksen aihe, joten en perehdy mahdollisen arvopaperijoukon koostumukseen tässä vaiheessa tämän syvällisemmin.

Datasta muodostetaan kaksi matriisia, joista yhdessä on ilmaistu arvopaperin n ($1 \leq n \leq N$) hinta tietyinä kaupankäyntipäivinä t ($1 \leq t \leq T$) muodossa

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{1,1} & \cdots & x_{n,1} & \cdots & x_{N,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ x_{1,t} & \cdots & x_{n,t} & \cdots & x_{N,t} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1,T} & \cdots & x_{n,T} & \cdots & x_{N,T} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

ja kaupankäyntivolyymit

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_{1,1} & \cdots & v_{n,1} & \cdots & v_{N,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ v_{1,t} & \cdots & v_{n,t} & \cdots & v_{N,t} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{1,T} & \cdots & v_{n,T} & \cdots & v_{N,T} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Tosin tässä tutkimuksessa en käytä kaupankäynti-informaatiota mihinkään, sillä oletettavasti kaupankäyntivolyymi on ollut tarkasteluaajanjakson kaikkina päivinä riittävän suurta, jotta hinnanmuodostus on ollut tehokasta (pienin kaupankäyntivolyymi oli 13050 osaketta 3.7.2000, ja keskimääräinen kaupankäyntivolyymi oli yli 360000 osaketta päivässä). Ensimmäinen luonnollinen tapa käyttää kaupankäyntivolyymi-informaatiota olisi antaa datapisteille painot perustuen kaupankäyntivolyymiin (mitä suurempi volyymi, sitä merkittävämpi datapiste). Tässä tutkimuksessa jokaisella datapisteellä on kuitenkin sama paino. Kaupankäyntivolyymien lisääminen malliin on jatkotutkimusaihe, enkä käsittele sitä tässä tutkielmassa enempää.

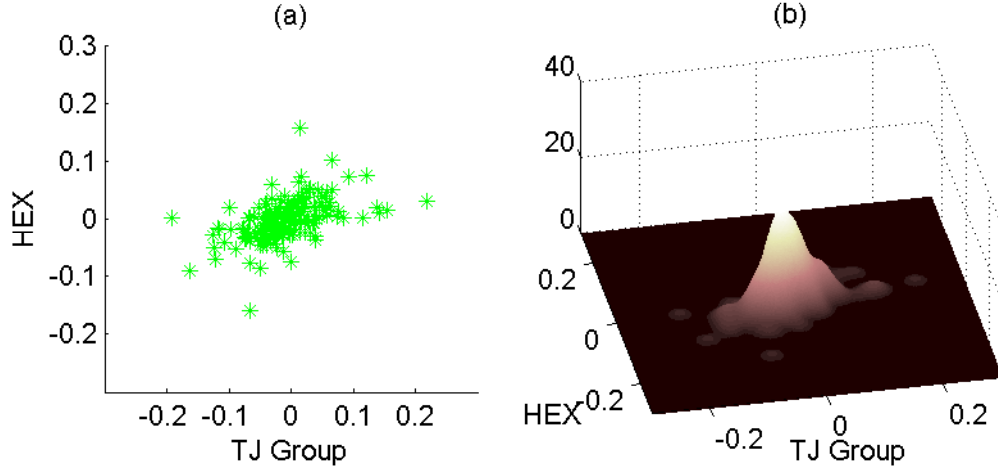
Arvopaperikauppa (spekulaatio) perustuu pääasiassa suhteellisiin tuottoihin, joten analysoin suhteellisten tuottojen välisiä korrelaatioita ja korrelaatioiden ajallisia muutoksia. Täten matriisin (2) sijaan on luonnollista käyttää analyysissä suhteellisten tuottojen matriisiä:

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{1,1} & \cdots & r_{n,1} & \cdots & r_{N,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ r_{1,t} & \cdots & r_{n,t} & \cdots & r_{N,t} \\ \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{1,T-1} & \cdots & r_{n,T-1} & \cdots & r_{N,T-1} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

missä $r_{n,t} = \frac{x_{n,t+1} - x_{n,t}}{x_{n,t}}$.

5.3 Korrelaatiot

Lasketaan korrelaatiot ajalta tapahtuman (TJ Groupin tulosvaroituksen) jälkeen, eli ajalta $t_{tv} + 1 = 27.4.2000 - t_f = 31.12.2000$. Näin ollen oikeat ja riittävät tiedot sisältävien korrelaatioiden aineistossa pitäisi olla riittävästi datapisteitä luotettavan analyysin turvaamiseksi. Toki eri tapahtumatutkimuksissa voidaan käyttää eripituisia ajanjaksoja; va-



Kuva 2: TJ Groupin ja HEX-yleisindeksin päivittäisten tuottojen suhde toisiinsa tulosvaroituksen jälkeen ajalla 27.4.2000–31.12.2000. Tuottojen välinen korrelaatio pistejakaumana (a) ja tasoitettuna jakaumana (b) käyttäen gaussista tasoitusta parametreillä $A = 1$ ja $B = 0,02$. Akseleiden arvoasteikolla 0,1 tarkoittaa 10 % päivätuottoa.

litsemani ajanjakso on valittu statistisista ja demonstraatioesityistä.

Korrelaatioiden laskemisessa otetaan suhteellisten tuottojen matriisista kaksi arvopaperipystyvektoria (tai yleisessä tapauksessa niin monta arvopaperia kuin on järkevää):

$$\mathbf{r}_{\text{TJ}} = \left(r_{\text{TJ},t_{tv}+1} \cdots r_{\text{TJ},t_f} \right)^T \quad (5)$$

$$\mathbf{r}_{\text{HEX}} = \left(r_{\text{HEX},t_{tv}+1} \cdots r_{\text{HEX},t_f} \right)^T. \quad (6)$$

Näistä vektoreista voidaan tulostaa yksittäisten päivien pisteet samaan koordinaatistoon, joka kuvaa TJ Groupin osakkeen suhteellisten tuottojen ja HEX-yleisindeksin suhteellisten tuottojen riippuvuutta toisistaan (kuva 2(a)). Huomataan, että riippuvuus ei näytä satunnaiselta (ja Pearsonin (lineaarinen) korrelaatio saa arvon 0,484). Tästä kuvasta saadaan karkeasti jakauma ja todennäköisyydet TJ Groupin osakkeen arvon muutokselle, joka vastaa tiettyä HEX-yleisindeksin muutosta. Tosin jakauma on pisteittäinen, joten sitä tulee tasoittaa, jotta se olisi hyödyllinen laskennassa.

Jakauman voi tasoittaa sijoittamalla jokaisen pisteen kohdalle gaussisen jakauman, joka

on muotoa

$$f_i(\text{TJ}, \text{HEX}) = A e^{-\frac{1}{B^2}((r_{\text{TJ},t_i} - \text{TJ})^2 + (r_{\text{HEX},t_i} - \text{HEX})^2)}. \quad (7)$$

Laskemalla yhteen $\sum_i f_i(\text{TJ}, \text{HEX})$ saadaan tasoitettu jakauma, joka on esitetty kuvassa 2(b). Vakioilla A ja B voidaan säätää, kuinka jakauma tasoitetaan. Olen käyttänyt vakioita $A = 1$ ja $B = 0,02$, jolloin jakauma on hieman tasoitunut mutta kuitenkin säilyttänyt omaleimaisen rakenteensa. Erityisesti vakion B valinnassa kannattaa olla huolellinen, sillä se säätelee todennäköisyysjakauman sileyttä: mitä suurempi B on, sitä tasaisempi ja ”muodottomampi” jakaumasta tulee.

Yleisessä tapauksessa N :lle arvopaperille ensin tulee selvittää pienimmän neliösumman menetelmällä, millä sovitusparametrien arvoilla korrelaatiojakauma saadaan mahdollisimman kapeaksi. Tämä tietysti pätee myös yhden arvopaperin tapauksessa, jolloin käytetään yhtä sovitusparametria. Yksinkertaistuksen vuoksi oletetaan arvopapereiden välille lineaarinen riippuvuussuhde. Sovitus toimii seuraavasti:

$$\mathbf{R}_{\neq \text{TJ}} \times \boldsymbol{\beta} = \mathbf{r}_{\text{TJ}}, \quad (8)$$

missä vektori $\boldsymbol{\beta}$ sisältää lineaarisen riippuvuuden kerroinparametrit. Ne voidaan ratkaista analyttisesti. Kerrotaan ensin yhtälö (8) molemmin puolin vasemmalta matriisilla $\mathbf{R}_{\neq \text{TJ}}^T$. Kun oletetaan, että matriisin $\mathbf{R}_{\neq \text{TJ}}^T \times \mathbf{R}_{\neq \text{TJ}}$ käänteismatriisi on olemassa (oletus on triviaali), voidaan saatu yhtälö kertoa vielä puolittain vasemmalta puolelta tällä käänteismatriisilla, jolloin saadaan parametrien $\boldsymbol{\beta}$ yhtälöksi

$$\boldsymbol{\beta} = (\mathbf{R}_{\neq \text{TJ}}^T \times \mathbf{R}_{\neq \text{TJ}})^{-1} \times \mathbf{R}_{\neq \text{TJ}}^T \times \mathbf{r}_{\text{TJ}}. \quad (9)$$

Näin saatu matriisiyhtälö ratkeaa vaikka kynällä ja paperilla, mutta tietokone tekee sen sekunnin murto-osassa suurillekin aineistoille. Yhtälön (9) ratkaisusta saadaan (pienimmän neliösumman) parhaiten sopivat lineaariset kertoimet yhtälölle

$$r_{\text{TJ},t} = \sum_i^N \beta_i r_{i,t}, \quad (10)$$

jonka lukuparit $r_{\text{TJ},t}$ ja $\sum_i^N \beta_i r_{i,t}$ voidaan esittää samassa koordinaatistossa kuvan 2 tapaisesti. Tällä tavalla saatu jakauma on kapein mahdollinen.

Nyt on olemassa jakauma, jota käytetään TJ Groupin osakkeen arvonmuutoksen takautuvaan ennustamiseen ajalla *ennen kuin* itse määrittävä tapahtuma on tapahtunut. Jakauma ottaa syöttötietoina niiden arvopapereiden hinnan muutokset, joiden oletetaan selittävän (riittävällä tarkkuudella) TJ Groupin osakkeen arvon muutoksen, ja tiettyä näiden korreloituneiden arvopapereiden joukon arvoa vastaa todennäköisyysjakauma TJ Groupin osakkeen arvon muutokselle. Todennäköisyysjakauma on normitettava ennen käyttöä (jokaisella hetkellä kaikkien mahdollisuuksien yhteenlasketun todennäköisyyden tulee olla tasan 1). Todennäköisyysjakaumaa integroimalla on mahdollista ratkaista arvonmuutokselle odotusarvo, keskihajonta ja muut tarvittavat tilastollisen luotettavuuden mittarit.

Kolme huomiota:

(1) Valitsin korrelaatiojakauman sileyttämismetodiksi Gaussin jakauman (normaalijakauma). Kuten lukija on saattanut aiemmin huomata, suhtaudun hieman skeptisesti normaalijakauman soveltamiseen rahoitusteorian perusteisiin (esimerkiksi tehokkaiden markkinoiden hypoteesin taustaoletuksena). Tähän skeptisyyteen vaikuttaa se, että kuten aiemmin (osio 3.1) tuli todettua, empiirinen aineisto ei ole yhtenevä normaalijakaumaa soveltavan rahoitusteorian kanssa. Se, pitääkö juuri tässä kohdassa soveltaa normaalijakaumaa vai jotain muuta jakaumaa, ei (aihetta käsittelevien tutkimusten puuttuessa) ole lainkaan selvää. Normaalijakauman valitsin esimerkin käsittelyn helppouden vuoksi. Toki sileyttämisprofiilin luomisessa voi yhtä hyvin käyttää muitakin jakaumia, mikäli siihen on perusteita. Aihetta käsittelevien tulevien tutkimusten osalta tämä seikka kannattanee pitää mielessä.

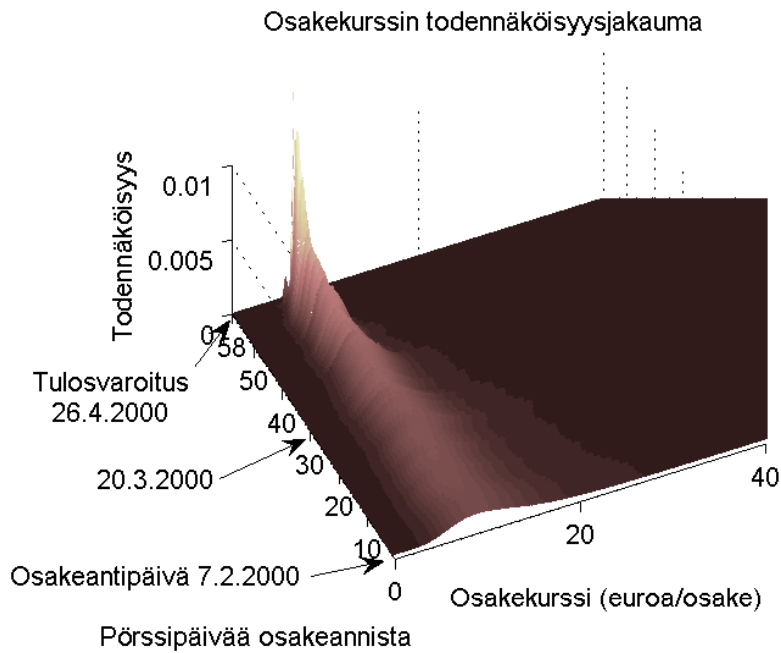
(2) Valittu sileyttämisprofiili on symmetrinen. Toki jakauma voi yhtä hyvin olla epäsymmetrinen, mikäli se on perusteltua. Voi olla, että niin symmetrisyys-epäsymmetrisyydskysymykset kuin jakauman ”oikeaan” muotoon liittyvät kysymyksetkin ratkeavat empiirisesti suurten aineistojen analysoimisen myötä. Tässä oletus symmetrisyydestä palvelee

metodin esittämistä.

(3) Arvopaperijoukon korrelaatiojakaumaa muodostettaessa olen olettanut lineaarisen riippuvuuden. Oletus lineaarisuudesta perustuu puhtaasti siihen, että sitä käyttäen voin helposti esitellä metodini. Varsinaisesti ei ole mitään syytä olettaa lineaarista riippuvuutta arvopaperien suhteellisten tuottojen välillä. Mikäli aineistoa analysoitaessa alkaa vaikuttaa siltä, että riippuvuus onkin epälineaarinen, maailma on pullollaan epälineaarisia menetelmiä, joita voi soveltaa. Tässä vaiheessa olennaisinta on ymmärtää, että valitun teknisen menetelmän ominaisuudet eivät seuraa mallista eivätkä taustapremisseistä vaan ovat valittavissa sen mukaan, miltä aineisto oikeasti vaikuttaa ja onko perusteita valita juuri jokin tietty menetelmä.

5.4 Taaksepäin ennustaminen

TJ Groupin tulosvaroitusta sai aikaan osakkeen arvon huomattavan laskun (25.4.2000 TJ Groupin osakkeen päätöskurssi 8,4 €/osake, 27.4.2000 päätöskurssi 6,65 €/osake). Meillä on TJ Groupin osakkeen arvonmuodostuksen jakauma ajalta tulosvaroituksen jälkeen (kuva 2), johon siis voidaan olettaa sisältyvän markkinoiden kaipaamat oikeat ja riittävät tiedot. Jakauman perusteella ennustetaan takautuvasti osakkeen todennäköinen arvo tulosvaroituspäivälle 26.4.2000, jolloin saadaan todennäköisyysjakauma sille, mikä TJ Groupin osakkeen arvo olisi ollut, mikäli kyseiset tiedot olisivat olleet markkinoilla jo aiemmin. Tästä todennäköisyysjakaumasta lasketaan taas jakauma edelliselle päivälle eli 25.4.2000, jolloin saadaan selville TJ Groupin osakkeen todennäköisen arvon todennäköisyysjakauma, mikäli markkinat olisivat tienneet yhtiön tulosvaroituksesta jo päivää ennen varsinaista tulosvaroitusta. Näin menetellään, kunnes päästään siihen päivään, jolloin korkeimman oikeuden mielestä tulosvaroitusta olisi viimeistään pitänyt julkistaa (20.3.2000). Saadaan kuvan 3 kaltainen kuva, josta voidaan laskea osakkeen arvon odotusarvo, kes-



Kuva 3: TJ Groupin osakekurssin todennäköisyysjakauma taaksepäin ennustettuna alkaen tulosvaroitusta seuraavasta päivästä 27.4.2000. 20.3.2000, jolloin korkeimman oikeuden mukaan tulosvaroitusta viimeistään tullut antaa, osakekurssin odotusarvo on 8,66 €/osake, ja osakeantipäivänä 11,52 €/osake. Taustaoletuksena on, että HEX-yleisindeksin arvon kehitys selittää TJ Groupin osakkeen arvon kehityksen.

kihajonta ja odotusarvon ja todellisen kurssin poikkeama. Tämä poikkeama on tiedottamisrikoksesta ja sisäpiirintiedon väärinkäytöstä aiheutunut rikoshyöty.

Haluan korostaa, että yksinkertaisuuden vuoksi olen tässä käyttänyt taaksepäin ennustamisessa pelkästään HEX-yleisindeksin ja TJ Groupin osakkeen arvonmuutoksen korrelaatiojakaumaa. Mallin toimivuutta parantaisi huomattavasti kaikkien oleellisten markkina-korrelaatioiden löytäminen, mikä on luultavasti mallin soveltamisen suurin haaste. Tämän lisäksi arvopapereiden arvonmuutosten väliset korrelaatiot voivat olla ei-lineaarisia, jolloin toinen haaste muodostuu oikean ei-lineaarisen funktionaalisen mallin löytämisestä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kuitenkin ollut vain kehittää toimiva ensimmäisen approksimaation malli, jota on mahdollista virittää paremmin toimivaksi.

6 MENETELMÄN SOVELTAMINEN

Tässä luvussa esiteltä analyysi toimii periaatteessa kuinka suurelle lähtöaineistolle tahansa. Esitän aineiston avulla tapahtuvan rikoshyödyn määrittämisen operationaalisesta näkökulmasta, eli kuinka luvussa 5 esitetyin menetelmin tehdään datan perusteella päätelmä rikoshyödyn määrästä. Lisäksi teen päätelmiä tuloksen pätevyydestä ja luotettavuudesta.

6.1 Aineiston analysointi

En ole redusoinut tai muutenkaan muokannut aineistoa, sillä tarkoituksena on lähinnä testata mallin toimintaa. Lähtödatana käytetään puhdasta raakadataa, joka on saatu Helsingin pörssistä.

Aineiston analyysi on tehty Matlabilla kirjoitetulla ohjelmalla, joka toimii pääpiirteissään seuraavasti:

- (1) Ohjelma ottaa syöttötietoina päivittäiset päätöshinnat (esimerkitapauksessani TJ Groupin ja HEX-yleisindeksin päätöshinnat ajalta 7.2.2000–31.12.2000).
- (2) Tästä datasta muodostetaan päivittäisten tuottojen matriisi.
- (3) Pienimmän neliösumman menetelmällä ratkaistaan kertoimet β_i aineistosta tutkittavan tapahtuman jälkeen (esimerkitapauksessa kertoimia on yksi β_{HEX} , jonka muodostamiseen käytetään aineistoa ajalta tulosvaroituksen jälkeen 27.4.2000–31.12.2000).

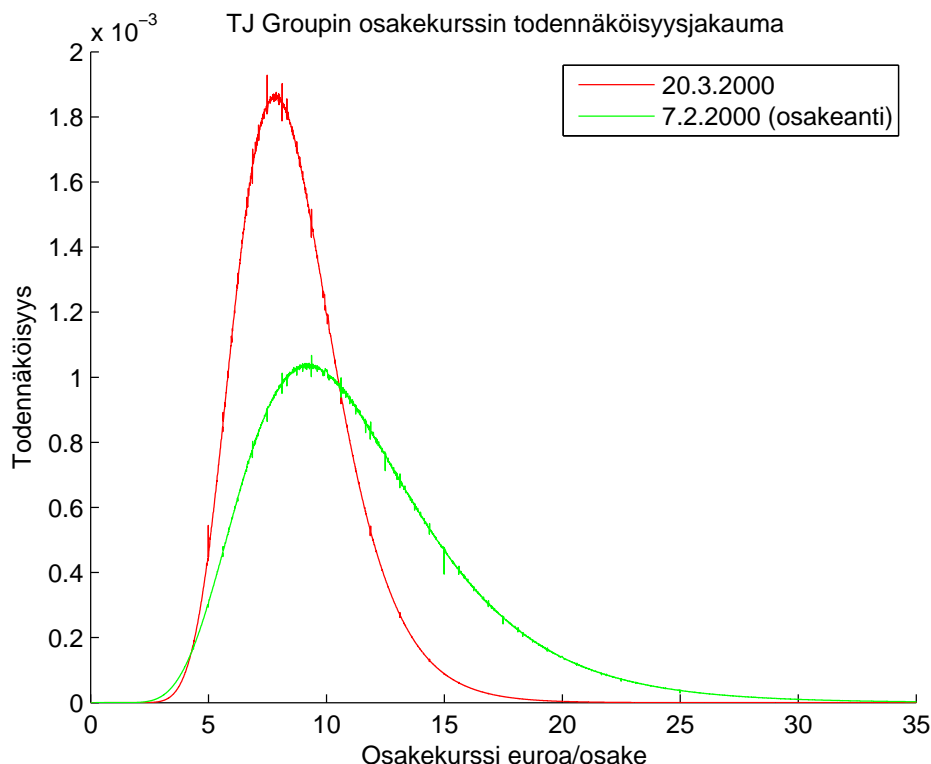
(4) Seuraavaksi ohjelma laskee tutkittavan arvopaperin ja muun aineiston välisen korrelaatiojakauman (esimerkkitapauksessa HEX-yleisindeksin ja TJ Groupin osakekurssien välisen korrelaatiojakauman) käyttäen jakauman sileyttämismetodia (esimerkissä normaalijakaumaa parametreillä $A = 1$ ja $B = 0,02$).

(5) Tästä jakaumasta ohjelma ennustaa taaksepäin, esimerkkitapauksessa ottamalla edellisen päivän HEX-yleisindeksin arvon muutosta vastaavan viipalejakauman mahdollisia TJ Groupin osakkeen arvon muutoksia, joka normitetaan arvoon 1 eli on varmaa, että osakkeen arvon muutos on jokin viipalejakauman arvoista.

(6) Tämän jälkeen ohjelma mainittua arvon muutoksen jakaumaa käyttäen laskee osakkeen arvon todennäköisyysjakauman kyseiselle päivälle.

(7) Ohjelma hyppää takaisin vaiheeseen (5) ja toimii näin niin pitkään, kunnes on päästy haluttuun päivään ”menneisyudessa” (tässä tapauksessa päivään, jolloin tulosvaroitusta olisi pitänyt antaa).

Jokaiselta kierrokselta ohjelma tallentaa osakkeen arvon todennäköisyysjakauman. Mallin tarkkuus osakkeen arvoissa on 0,01 €/osake, joten tällä diskretisoinnilla saattaa olla näkyviä vaikutuksia todennäköisyysjakaumien rakenteeseen (todennäköisyysjakaumat ovat ”piikikkaita” eivätkä sileitä), mutta toisaalta sentin tarkkuus on sikäli perusteltu, ettei osaketta ollut mahdollista maksaa sentin murto-osalla. Tapaus sattui nimittäin ajankohdaksi, jolloin virallisena maksuvälineenä oli markka, mutta pörssikaupankäynti tehtiin jo euroissa siten, ettei kaupankäynnissä ollut sentin osia. Siten diskretisointi sentin tarkkuuteen on perusteltua, vaikka nykyään Helsingin pörssissä tietyt ehdot täyttävien osakkeiden kaupankäynnissä voidaankin käyttää sentin osia.



Kuva 4: TJ Groupin osakekurssin todennäköisyysjakaumat päivinä 20.3.2000 (punainen viiva), jolloin korkeimman oikeuden mukaan viimeistään tulosvaroitusta olisi tullut antaa (osakekurssin odotusarvo on $E(TJ_{20.3.}) = 8,66$ €/osake ja keskihajonta $\sigma_{TJ,20.3.} = 2,35$ €/osake), ja osakeantipäivänä 7.2.2000 (vihreä viiva, odotusarvo $E(TJ_{7.2.}) = 11,52$ €/osake ja keskihajonta $\sigma_{TJ,20.3.} = 4,66$ €/osake).

6.2 Esimerkkitapauksen tulosten tulkinta

Oikeastaan suppeaan esimerkkiaineistoon perustuva tulos on jo tullut esitettyä menetelmää selittävän kuvan 3 muodossa, jossa siis on esitetty TJ Groupin osakkeen arvon todennäköisyysjakauman aikakehitys aikavälillä 7.2.2000–26.4.2000. Lisäksi kuvassa 4 nostan esille arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttaman vahingon arvioimisen kannalta kahden tärkeän päivän todennäköisyysjakaumat. 20.3.2000 eli päivänä, jolloin tulosvaroitusta olisi viimeistään pitänyt antaa, osakkeen hinnan odotusarvo on $E(TJ_{20.3.}) = 8,66$ €/osake, ja keskihajonta on $\sigma_{TJ,20.3.} = 2,35$ €/osake. Mainittuna päivänä todellinen osakekurssi oli 13,5 €/osake, joten kyseisellä ajanhetkellä rikoshyödyn odotusarvo olisi ollut 4,84 €/osake. Osakeantipäivänä 7.2.2000 mallini ennustama osakekurssin odotusarvo on

$E(TJ_{7.2.}) = 11,52 \text{ €/osake}$, keskihajonta $\sigma_{TJ,20.3.} = 4,66 \text{ €/osake}$, ja osakkeen todennäköisin arvo (todennäköisyysjakauman huippu) on $9,98 \text{ €/osake}$. Osakeantipäivänä osakekurssi oli $25,14 \text{ €/osake}$ ja osakeantihinta $17,60 \text{ €/osake}$. Korkeimman oikeuden näkemyksen mukaan mikäli markkinoilla olisi ollut oikeat ja riittävät tiedot TJ Groupin toiminnan tuloksesta ja taloudellisesta asemasta osakeantipäivänä, TJ Groupin osakkeen arvo olisi tuolloin ollut $15,4 \text{ €/osake}$ [5] (antihinta $17,6 \text{ €/osake}$ – rikoshyöty $2,2 \text{ €/osake}$). Mallini mukaan todennäköisyys, että korkein oikeus on arvioinut rikoshyödyn määrän liian pieneksi, on $0,83$ (eli mikäli markkinoilla olisi ollut tieto tuloksen manipuloinnista, 83% todennäköisyydellä TJ Groupin osakkeen arvo olisi ollut pienempi kuin $15,4 \text{ €/osake}$)! Osakkeen arvo olisi ollut yli 20 €/osake vain todennäköisyydellä $0,053$, eli toteutunut osakkeen arvo on ollut erittäin epätodennäköinen. Tosin mainittakoon, että todennäköisyysjakauma on sen verran leveä, että korkeimman oikeuden esittämä arvio mahtuu nippa nappa yhden keskihajonnan päähän odotusarvosta. Toisaalta mikäli arvio tehdään käyttäen todennäköisintä osakkeen arvoa ($9,98 \text{ €/osake}$), korkeimman oikeuden arvio on selvästi yli yhden keskihajonnan päässä todennäköisimmästä arvosta.

Mallini antama rikoshyödyn odotusarvo on $6,08 \text{ €/osake}$, joka on lähes kolminkertainen verrattuna hovioikeuden ”arvaukseen” (ja mikäli lähtökohtana olisi osakkeen todennäköisin arvo, rikoshyödyn määrä olisi peräti $7,62 \text{ €/osake}$). Täten mallini perusteella kumpikin yrityksen suuromistajista sai rikoshyötyä $21,546$ miljoonaa euroa, ja tästä rikoshyödyistä he saivat pitää itsellään lähes kaksi kolmasosaa. Luvussa 3.3 esitelty rikoksia ennalta ehkäisevä rangaistusseuraamus olisi tämän laskelman mukaan ollut noin 120 miljoonaa euroa, joka on moninkertainen jopa syyttäjän rangaistusvaatimukseen verrattuna. Tämän analyysin perusteella sekä hovioikeus että korkein oikeus menivät rangaistusta määrittäessään pahasti metsään.

6.3 Tulosten pätevyys ja luotettavuus

Mallin antavat tulokset vaikuttavat päteviltä. Todennäköisyysjakaumien muoto näyttää uskottavalta; todennäköisyysjakauma noudattaa melko tarkasti Maxwell-Boltzmannin jakaumaa. Malli ei hävitä eikä lisää todennäköisyyttä numeerisen virheen takia, vaan kaikin hetkinä koko todennäköisyysjakauman yli summaaminen antaa tulokseksi 1 eli TJ Groupin osakekurssin arvo on varmasti jokin simulaattorin laskeman todennäköisyysjakauman arvo.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa oleellisesti kaksi tekijää, jotka on hyvä tiedostaa ja sanoa ääneen: (1) käytettyjen arvopapereiden määrä aineistossa ja (2) korrelaatiojakauman ”pehmennysparametri” B .

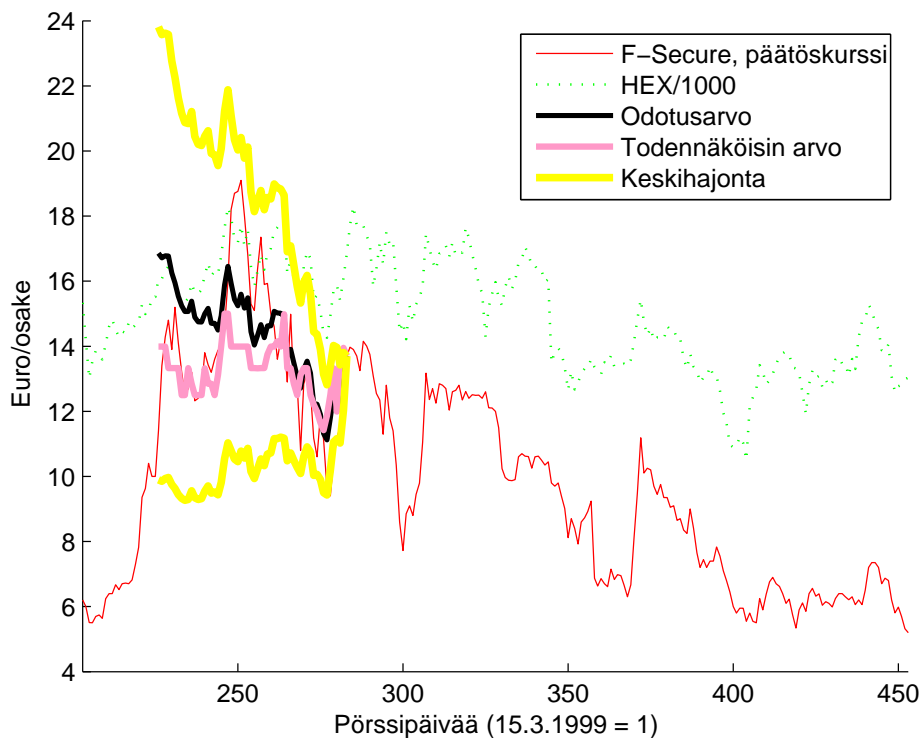
Pelkästään HEX-yleisindeksin ja TJ Groupin osakkeen arvon muutosten välinen lineaarinen korrelaatio on 0,484. Tämä tarkoittaa, että arvopapereiden arvon muutosten välillä on positiivinen korrelaatio. Tosin korrelaatio on melko kaukana täydellisestä korrelaatiosta, mikä viittaa siihen, että on olemassa muita olennaisia tekijöitä, jotka yksinään tai yhdessä HEX-yleisindeksin kanssa selittävät huomattavan osan TJ Groupin arvon muutoksesta. Tämä seikka heikentää saamani tuloksen luotettavuutta rikoshyödyn määränä. Pidän todennäköisenä, että on mahdollista löytää arvopaperijoukko, jonka korrelaatio TJ Groupin osakkeen arvon muutoksen kanssa on luokkaa 0,9. Tällöin saatu tulos rikoshyödyn määräksi olisi hyvin luotettava. Tällaisen arvopaperijoukon löytäminen on yksi jatkotutkimuksiin liittyvä haaste.

Olen silmämääräisesti valinnut korrelaatiojakauman pehmennysparametrin arvoksi $B = 0,02$. Syy arvon valintaan on, että tällöin korrelaatiojakauma näyttää riittävän sileältä analyysitarkoitukseen mutta sen rakenne ei ole täysin hävinnyt näkyvistä. Liian suurta B :n arvoa käyttämällä analyysini mittaisi pääsääntöisesti korrelaatioparametrin B ar-

voa eikä korrelaatioiden muotoa. On sanomattakin selvää, että tässä tapauksessa tulosten luotettavuus kärsii, ja todennäköisesti tuloksena on hyvin leveät todennäköisyysjakaumat. Liian pienellä B :n arvolla taas analyysiohjelma saattaa jättää ottamatta huomioon olennaisia piirteitä korrelaatiojakauman muodosta. Valitettavasti en ole toistaiseksi keksinyt hyvää metodia tehdä automaattista (koneelle ohjelmoitavaa) tasoitusta ja parametrin valintaa. Jos tämä metodi tapahtuisi analyysiohjelmassa itsessään, se lisäisi tulosten objektiivisuutta. Parametrin B arvon vaikutusta voisi kylläkin analysoida tutkimalla sen muutoksen vaikutusta todennäköisyysjakauman muotoon ja leveyteen. Ottaen huomioon sen, että tämän tutkielman pääasia on metodin esittely eikä suoranaisesti se, että TJ Groupin arvopaperimarkkinapetoksen aiheuttama vahinko (rikoshyöty) saataisiin määritettyä sentilleen, ei parametrin B eksakti arvo kuitenkaan ole olennainen. Toteutuneiden tulosten perusteella pelkästään HEX-yleisindeksille parametrin arvo $B = 0,02$ vaikuttaa perustellulta.

En ole käyttänyt Hurstin eksponenttia markkinatunnelman analysointiin ja sitä kautta sen arviointiin, oliko Helsingin pörssi vuonna 2000 tehokkaiden vai tehottomien markkinoiden tilassa. Tehottomilla markkinoilla arvopaperien välisillä korrelaatioilla on taipumus olla suurempia kuin tehokkailla markkinoilla, minkä vuoksi on perusteltua olettaa, että analyysimenetelmäni antaa parempia ja tarkempia tuloksia, kun markkinat ovat tehottomat. Tosin en keksi syytä, miksi metodini ei toimisi myös tehokkaiden markkinoiden aikana.

Metodini luotettavuuden ja pätevyyden arvioimiseksi on olemassa eräs hyvä keino: yrittää ennustaa taaksepäin saman aikajakson aikana samalla markkinalla verrokkiaineistoa, jonka osalta ei ole syytä epäillä markkinamanipulaatiota tapahtuneen. Tein tämän vertailuanalyysin F-Securen osakkeella. F-Secure edustaa samaa toimialaa kuin TJ Group, ja sen osakkeet ovat julkisen kaupankäynnin kohteena Helsingin pörssissä. Korrelaatioiden arviointiajanjaksona sen keskimääräinen kaupankäyntivolyymi oli yli 420000 osaketta/päivä, minkä perusteella voidaan olettaa, että hinnanmuodostus on ollut tehokasta



Kuva 5: Havainnekuva F-Securen osakkeen hinnalla tehdystä vertailuanalyysistä (samana ajanjaksona ja samoilla pehmennysparametreillä kuin TJ Groupin analyysi.

koko tarkasteluajanjakson ajan. F-Securen ja HEX-yleisindeksin suhteellisten tuottojen välinen Pearsonin lineaarinen korrelaatio on 0,523. F-Securen osalta tapahtuneen taaksepäin ennustamisen oleelliset tulokset ovat: osakkeen hinnan odotusarvo 7.2.2000 on 16,858 €/osake, keskihajonta 6,961 €/osake ja osakkeen todennäköisin arvo 13,99 €/osake. Todellisuudessa toteutunut osakkeen hinta oli 13,40 €/osake.

F-Securea koskevasta aineistosta ja analyysistä voidaan tehdä kolme ilmeistä johtopäätöstä (katso kuva 5): (i) Osakkeen arvon keskihajonta on huomattavasti suurempi kuin TJ Groupilla, mikä voi olla seurausta suuremmasta volatilitetistä. (ii) Ennustusajanjakson aikana F-Securen osakkeen todelliset päätöskurssit pysyvät yhden keskihajonnan sisällä odotusarvosta. TJ Groupilla näin ei ole, vaan osakkeen toteutunut hinta poikkeaa paikoin odotusarvosta paljon enemmän kuin yhden keskihajonnan verran. Tämän perusteella voidaan epäillä, että TJ Groupin osakkeen arvonmuodostuksessa on tapahtunut jotain hyvin

poikkeavaa. (iii) 7.2.2000 F-Securen toteutunut päätöskurssi on hyvin läheillä odotusarvoa ja todennäköisintä arvoa. TJ Groupilla näin ei ole, vaan toteutunut hinta poikkeaa niistä lähes kertoimella 2.

F-Securella tehdyn vertailuanalyysin perusteella metodini vaikuttaa antavan todellisuuden verrattuna luotettavia tuloksia ja ennustavan hyvin osakekurssin kehitystä. Näin olen voidaan päätellä, että TJ Groupin tapauksessa tapahtui jotain, mitä normaali markkinakäyttäytyminen ei selitä. F-Securen osalta hyvin onnistunut ennustaminen korroboroi samalla metodilla saatuja tuloksia rikoshyödyn määrästä TJ Groupin tapauksessa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kehittämäni metodi vahingon määrittämiseksi arvopaperimarkkinapetoksissa ja siihen perustuva laskentamalli vaikuttavat toimivan, eli metodia voidaan käyttää rikoshyödyn tai vahingon eksaktin kvantifioinnin kaltaisissa tapahtumatutkimuksissa. Tätä käsitystä tukevat esimerkkitapauksesta saadut tulokset. TJ Groupin tiedottamisrikoksen ja sisäpiirintiedon väärinkäyttämisen rikoshyödyn odotusarvoksi mallini antaa 6,08 €/osake, eli malli kykenee vastaamaan spesifiin tutkimuskysymykseen.

Luonnollisesti pelkkään HEX-yleisindeksiin nojaava tarkastelu on suppea, mikä saa aikaan melko leveän todennäköisyysjakauman. Suurempaa aineistoa käyttämällä todennäköisyysjakaumasta tulisi kapeampi ja terävämpi, ja täten analyysin tulosten pitäisi olla luotettavampia. Pelkästään tällä suppealla aineistolla analysoitunakin arvio rikoshyödyksi on kuitenkin paremmin perusteltu kuin korkeimman oikeuden arvio 2,2 €/osake, jota ei perustella oikeastaan mitenkään.

Kaiken kaikkiaan vaikuttaa siltä, että metodia olisi mahdollista soveltaa tuomioistuimissa arvopaperimarkkinapetosten rikoshyödyn tai vahinkojen määrittämiseen. Toki menestys sekä tuomioistuinkäyttö edellyttää huolellisempaa analyysia kuin tässä työssä esitetty esimerkkianalyysi. Etenkin seuraaviin kohtiin kannattaisi kiinnittää enemmän huomiota kuin olen tässä esimerkissä kiinnittänyt: (i) Hurstin eksponentin määrittäminen, jotta voidaan tehdä päätelmiä markkinoiden tehokkuudesta tai tehottomuudesta ja markkinatunelmasta. (ii) Riittävän suuren soveliaan arvopaperiaineiston kokoaminen. Saattaa olla, että jo kymmenellä verrokkiarvopaperilla saataisiin tilastollisesti riittävän suuri korrelaatio ja luotettava tulos. Tosin tästä on vaikea tehdä etukäteen päätelmiä ennen aineiston tosiasiallista analyysia. (iii) Valinta lineaaristen ja epälineaaristen metodien välillä ja tehdyn valinnan pätevä oikeuttaminen. (iv) Korrelaatiojakauman tasoittamiseen käytettävän

jakauman ja pehmennysparametrien valinta, ja tehtyjen valintojen pätevä oikeuttaminen.

(v) Onko aineistossa viiveellä tapahtuvia korrelaatioita, jotka kannattaisi ottaa analyysissä huomioon? Tähän asiaan en kiinnittänyt tässä tutkimuksessa lainkaan huomiota. Viiveellä tapahtuvia korrelaatioita voidaan analysoida esimerkiksi ristikorrelaatioita (ja yksinkertaisissa tapauksissa autokorrelaatioita) tutkimalla, mikä on matemaattisesti samankaltaista kuin Hurstin eksponentin laskeminen.

Tämän tutkimukseni päätarkoitus on esittää teoria ja premissit, joihin analyysimetodi perustuu, ja yksinkertaisella esimerkillä osoittaa käytännössä, kuinka metodi toimii ja minkä kaltaisia tuloksia se tuottaa. Jatkotutkimuksen ongelmaksi jää esittää, kuinka metodologia sovelletaan riittävällä tarkkuudella, jotta sen tuloksia voitaisiin riittävän luotettavasti käyttää oikeiden tuomioistuinratkaisujen pohjana. Oletan, että niin kansainvälinen oikeustaloustieteen tiedeyhteisö kuin tuomioistuimet ympäri maailmaa voisivat hyötyä esittämästäni teoriasta ja analyysimetodista arvopaperimarkkinapetosten arvioinnissa.

Analyysimetodini antamia tuloksia on käytännössä mahdotonta verrata aikaisempiin tutkimustuloksiin, sillä samankaltaista aiempaa tutkimusta tai edes samankaltaisten ongelmien aiempaa vertailukelpoista tutkimusta ei vaikuta olevan olemassa. Toivon, että tiedeyhteisö tulee testaamaan ja muuntelemaan metodologia eri tapahtumatutkimuksissa, jotta metodi tulisi viritettyä paremmaksi ja sen luotettavuudesta saataisiin tarkempia analyysijä. Tämän testaamisen myötä on mahdollista, että metodi otetaan tuomioistuinten työkaluksi.

Lopuksi jään pohtimaan kyynistä päätelmää: pitääkö tästä(kin) oikeustapauksesta ja analyysini tuloksesta päätellä, että lainsäädännön ja ”maan tavan” ansiosta Suomessa kannattaa tehdä suuria talousrikoksia?

Viitteet

- [1] Sanjai Bhagat, Roberta Romano (2002). *Event Studies and the Law: Part I: Technique and Corporate Litigation*. American Law and Economics Review **4**(1), 141–167.
- [2] Sanjai Bhagat, Roberta Romano (2002). *Event Studies and the Law: Part I: Empirical Studies of Corporate Law*. American Law and Economics Review **4**(2), 380–423.
- [3] Rossitsa Yalamova, Bill McKelvey (2010). *Adding Resilience To Financial Markets: Toward a Volatility-based, Power-Law Indicated, Resilience Initiation Point*. Econophysics Colloquium 2010, 4-6/11, Taipei, Taiwan, <http://www.phys.sinica.edu.tw/socio-econo/econophysics2010/pdfs/YalamovaPaper.pdf> (submitted to International Review of Financial Analysis).
- [4] Alia Dannenberg, Matti Turtiainen (2012). *Calculating damages in securities frauds: Theory and method* (lähetetty arvioitavaksi).
- [5] KKO:2009:1. Törkeä sisäpiirintiedon väärinkäyttö, Arvopaperimarkkinoita koskeva tiedottamisrikos, Rangaistuksen määrääminen - Rangaistuksen mittaaminen, Menettämisseuraamus - Hyödyn menettäminen, Oikeushenkilön rangaistusvastuu - Yhteisösakko. Diaarinumero: R2007/919, Esittelypäivä: 29.12.2008, Antopäivä: 15.1.2009.
- [6] *TJ Groupin pääomistajien sisäpiirisyytteet hylättiin*. HS.fi Uutiset 26.1.2006 14:07 (Päivitetty: 26.1.2006 14:15).
- [7] *TJ Groupin pääomistajille ehdollista vankeutta*. HS.fi Uutiset 5.7.2007 8:13 (Päivitetty: 5.7.2007 11:55).
- [8] *TJ Groupin sisäpiirikaupoista ehdotonta vankeutta*. HS.fi Uutiset 15.1.2009 9:40.
- [9] *TJ Groupin liikutuksesta kaksi versiota ennen osakemyyntiä*. Helsingin Sanomat 4.10.2005.

- [10] Eugene Fama (1970). *Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work*. Journal of Finance **25**(2), 383–417.
- [11] John F. Muth (1961). *Rational Expectations and the Theory of Price Movements*. Econometrica **29**(3), 315–335.
- [12] William F. Sharpe (1964). *Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk*. Journal of Finance, **19**(3), 425–442.
- [13] John Lintner (1965). *The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets*. Review of Economics and Statistics **47**(1), 13–37.
- [14] Jan Mossin (1966). *Equilibrium in a Capital Asset Market*. Econometrica, **34**(4), 768–783.
- [15] R. Roll (1977). *A Critique of the Asset Pricing Theory's Tests*. Journal of Financial Economics **4**, 129–176.
- [16] B. Mandelbrot, R. L. Hudson (2004). *The (Mis)Behaviour of Markets: A Fractal View of Risk, Ruin, and Reward*. London: Profile Books.
- [17] Fischer Black, Myron Scholes (1973). *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. Journal of Political Economy **81**(3), 637–654.
- [18] Robert C. Merton (1973). *Theory of rational option pricing*. Bell Journal of Economics and Management Science **4**(1), 141–183.
- [19] Robert C. Merton (1976). *Option Pricing When Underlying Stock Returns are Discontinuous*. Journal of Financial Economics **3**, 125–144.
- [20] Louis Bachelier (1900). *Théorie de la Spéculation*. Annales de l'Ecole Normale Supérieure **17**, 21–86. English translation by A.J. Baness in: The Random Character of Stock Market Prices, ed. Paul H. Cootner, Cambridge, Mass: MIT Press (1964).

- [21] Alan Kirman (2010). *The Economic Crisis is a Crisis for Economic Theory*. CESifo Economic Studies **56**(4), 498–535.
- [22] François Rabelais (1532-1564). *La Vie de Gargantua et de Pantagruel*. English translation by Sir Thomas Urquhart and Pierre Antoine Motteux: *Five books of the lives, heroic deeds and sayings of Gargantua and Pantagruel*.
- [23] Olivier Guedj, Jean-Philippe Bouchaud (2005). *Experts Earning forecasts, bias, herding and gossamer information*. International Journal of Theoretical and Applied Finance **8**(7), 933–946.
- [24] Charley Blaine (2010). *Chimp makes stock pros look like chumps*. MSN Money, January 13, 2010 1:10:19 PM.
- [25] *Parrot beats investors in South Korean stock market contest*. The Telegraph 1:15PM BST 07 Aug 2009.
- [26] Torsten Kleinow (2002). *Testing Continuous Time Models in Financial Markets*. Vaitöskirja: Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät Humboldt-Universität zu Berlin.
- [27] Elizabeth Chamblee Burch (2007). *Reassessing Damages in Securities Fraud Class Actions*. Maryland Law Review **66**, 348–397.
- [28] Gary S. Becker (1968). *Crime and Punishment: An Economic Approach*. Journal of Political Economy **76**.
- [29] Jonathan R. Macey (1991). *Agency Theory and the Criminal Liability of Corporations*. Boston University Law Review **71**, 315–340.
- [30] Erik F. Gerding (2006). *The Next Epidemic: Bubbles and the Growth and Decay of Securities Regulation*. Connecticut Law Review **38**, 393–453.
- [31] KKO:2010:47. Tekijänoikeus - Tekijänoikeusrikkomus - Avunanto - Hyvitys. Diaarinumero: R2008/868, Esittelypäivä: 5.3.2010, Taltionumero: 1396, Antopäivä: 30.6.2010.

- [32] *KKO kovensi Finreactor-syytettyjen korvauksia*. Helsingin Sanomat 1.7.2010.
- [33] MAO:614/09, Dnro 407/06/KR, Antopäivä 3.12.2009.
- [34] *Metla: Raakapuukartellista metsänomistajille miljardin euron vahingot*. Yle.fi Talous ja politiikka, 04.01.2011 klo 11:13, päivitetty 04.01. klo 22:11.
- [35] *Eduskunta haluaa veropetoksista kovempia rangaistuksia*. HS.fi Uutiset 26.1.2011 19:59.
- [36] United States Sentencing Commission (1988). *Department of Justice Corporate Fraud Survey*. USSC Memorandum, 6 April.
- [37] T. Lux, M. Marchesi (1999). *Scaling and Criticality in a Stochastic Multi-Agent-Model of a Financial Market*. Nature **397**, 498-500.
- [38] R. N. Mantegna, H. E. Stanley (2000). *An Introduction to Econophysics. Correlations and Complexity in Finance*. Cambridge University Press.
- [39] Y. Wang, H. E. Stanley (2009). *Statistical Approach to Partial Equilibrium analysis*. Physica A, **388**(7), 1173-1180.
- [40] M. Estola, V-M. Hokkanen (2008). *Consumer, Firm, and Price Dynamics: An Econophysics Approach. Modeling by Economic Forces*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- [41] R. Boyd (2002). *Scientific Realism*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2002 Edition), ed. E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/sum2002/entries/scientific-realism/>.
- [42] D. Stoljar (2005). *Physicalism*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Winter 2005 Edition), ed. E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/win2005/entries/physicalism/>.

- [43] M. David (2005). *The Correspondence Theory of Truth*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2005 Edition), ed. E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/fall2005/entries/truth-correspondence/>.
- [44] J. O. Young (2001). *The Coherence Theory of Truth*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Summer 2001 Edition), ed. E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/sum2001/entries/truth-coherence/>.
- [45] M. Bunge (2007). *Scientific methods*. In: AccessScience@Mc-Graw-Hill,
<http://www.accessscience.com>, DOI 10.1036/1097-8542.607200.
- [46] A. Franklin (2007). *Experiment in Physics*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2007 Edition), ed. E. N. Zalta.
<http://plato.stanford.edu/archives/fall2007/entries/physics-experiment/>.
- [47] K. R. Popper (1963). *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge* (especially Chapter 10). London: Routledge and Kegan Paul.
- [48] L. M. Blumenthal, G. Cherlin (2007). *Logic*. In: Access-Science@McGraw-Hill,
<http://www.accessscience.com>, DOI 10.1036/1097-8542.389200.
- [49] S. E. Stumpf (1989). *Philosophy: history & problems* (4th edition). New York: McGraw-Hill Book Company.
- [50] P. V. Spade (2006). *William of Ockham*. In: The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2006 Edition), ed. E. N. Zalta,
<http://plato.stanford.edu/archives/fall2006/entries/ockham/>.